

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

освітнього ступеня «Магістр»

на тему:

**Застосування багатоагентної логістики автомобільного парку  
для зменшення шкідливих викидів відпрацьованих газів в  
умовах ПП «Каміон Сервіс»**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61 Маг  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

**Андрій КОБІВ**

Керівник: професор Мирослав ОЛІСКЕВИЧ

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Олег СУКАЧ

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

**Кобіву Андрію Миколайовичу**

1. Тема роботи: *Застосування багатоагентної логістики автомобільного парку для зменшення шкідливих викидів відпрацьованих газів в умовах ПП «Каміон Сервіс»*

Керівник роботи: Оліскевич Мирослав Стефанович, д.т.н., професор  
Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.12.2024 року.

3. Початкові дані: *Огляд відомих досліджень за 5 останніх років. Параметри транспортних потоків на магістралях. Основне рівняння руху транспортного засобу. Стратегії керування транспортними потоками.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

*1. Огляд літературних джерел і вибір напряму досліджень. 2. Розроблення алгоритмів аналізу та планування процесів. 3. Експериментальні дослідження. 4. Аналіз результатів досліджень*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *1,2 Атрибути досліджень. 3. Класифікація методів рішення 4. Аналіз ефективності планування транспортних процесів на підприємствах 5. Аналіз реальних маршрутів 6. Методика і алгоритм розподілу автомобілів 7. Блок-схема методики оперативного планування 8. Алгоритм формування вихідних даних по автомобілях 9. Спостереження на маршрутах 10. Обґрунтування вибору режимів 11. Залежність продуктивності і максимальної швидкості автомобіля від фактичної вантажності 12. Залежність шляхової витрати палива від швидкості автомобіля 13. Аналіз результатів досліджень 14. Висновки*

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	Оліскевич М.С., д.т.н., професор кафедри автомобілів і тракторів			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 25.09.2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз науково – технічної інформації»</i>	<i>25.09-8.10.2024</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «розроблення теоретичної моделі процесу»</i>	<i>9.10-18.10.2024</i>	
3.	<i>Виконання та аналіз експериментів</i>	<i>18.10-14.11.2024</i>	
4.	<i>Виконання розділу: «Аналіз результатів»</i>	<i>14.11-21.11.2024</i>	
5.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та мультимедійної презентації</i>	<i>21.11-30.11.2024</i>	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>10.12.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Андрій КОБІВ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Мирослав ОЛІСКЕВИЧ

## АНОТАЦІЯ

Кобів А. Я. Підвищення ефективності і надійності процесу планування вантажних перевезень на авторанспортному підприємстві // Магістерська кваліфікаційна робота. ЛНУП, кафедра “Автомобілів і тракторів”. Дубляни, 2024. 67 с.

Магістерська робота присвячена питанню удосконалення планування вантажних перевезень в автотранспортному підприємстві «Каміон Сервіс». Для цього обґрунтовано й розроблено алгоритми аналізу чинних маршрутів та розподілу наявних автомобільних транспортних засобів на них. Оперативне планування можна охарактеризувати як окремий, але дуже важливий вид діяльності підприємства. Інший варіант розгляду оперативних планувань – це сприйняття їх як сукупності кількох окремих задач, які взаємопов’язані. У магістерській роботі розглянуті заходи щодо підвищення продуктивності роботи автомобілів. Низький показник технічної швидкості на ділянках маршрутів – одноразовий результат, який може свідчити про випадкові події на дорозі поза контролем водія. Крім того, причинами великих коливань можуть бути час очікування на завантаження та розвантаження, неадекватне планування зупинок водія та непотрібні супутні дії, такі як невинуваті зупинки, які слід усунути. Запропоновано запровадити альтернативний транспортний коридор. Наступним запропонованим рішенням є трансформація ділянок маршрутів. Завдяки впровадженню вдосконалень буде збільшено ступінь ефективності виконуваних процесів. Це дослідження виявило фізичні місця, які можуть мати руйнівний вплив на надану послугу. За допомогою представлених рішень ми висвітлили кількість введених модифікацій, які відбуваються на підприємствах, коли процеси не підлягають оцінці ефективності.

Предмет дослідження: залежність продуктивності й витрати палива парком автомобілів від прийнятих рішень стосовно параметрів маршрутів і розподілу АТЗ на них. Об’єкти дослідження: маршрути перевезення вантажів автомобілями АТП. Мета роботи – досягнути скорочення простоїв вантажних автомобілів.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ ....	9
1.1 Загальна характеристика сучасних методів планування логістичних процесів у літературі.....	9
1.2 Аналіз ефективності мультиагентної логістики.....	13
1.3 Оптимізація транспортних і логістичних процесів.....	15
1.4 Висновки до розділу .....	17
2 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ АНАЛІЗУ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСІВ .....	18
2.1 Показники для оцінки експлуатаційних параметрів.....	18
2.2 Аналіз реальних маршрутів.....	20
2.3 Маршрутизація вантажних перевезень.....	24
2.4 Методика і алгоритм розподілу автомобілів.....	27
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	40
3.1 Спостереження на маршрутах.....	40
3.2 Обґрунтування вибору режимів роботи вантажного автомобіля за критерієм продуктивності .....	43
3.3 Обґрунтування вибору режимів роботи автомобіля за оцінковим показником паливної ощадності .....	50
4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	60
5.1 Відшкодування збитку, заподіяного працівнику .....	60
5.2 Аналіз ризиків при перевезенні вантажів.....	62
ВИСНОВКИ .....	63
ЛІТЕРАТУРА .....	64

## ВСТУП

Аналіз розвитку технологій у галузі автомобільного транспорту, застосування транспортних процесів, використання його ресурсів показує позитивну кореляцію з розвитком та вдосконаленням інформаційних технологій. Це пояснюється постійно зростаючою наукомісткістю транспортної системи, прискоренням науково-технічного прогресу в галузі промислових, інформаційних і цифрових технологій, створенням електронних методів отримання, обробки, обліку, зберігання та використання інформації. У цій кваліфікаційній роботі розглядається удосконалення оперативного управління автомобільним транспортним підприємством компанією шляхом створення інформаційно-інтелектуальних моделей для збору, обробки, аналізу, ранжування, накопичення, зберігання необхідної інформації та забезпечення сприятливого середовища для пошуку, перегляду, візуалізації даних, порівняння можливих рішень проблемних проблеми та вибір найкращого на основі накопичених знань, досвіду та наявних ресурсних можливостей. У роботі представлено концептуальну модель і відповідний алгоритм управління системою автомобільних вантажних перевезень, а також методологію формування транспортних процесів.

Сьогодні планування маршрутів вантажних автомобілів вимагає від експедиторів докладати свідомих зусиль, щоб визначити пункти розвантаження, щоб транспортний процес був ефективним як за витратами ресурсів, так і за часом. У той же час необхідно також враховувати експлуатаційні параметри, які допомагають визначити обґрунтованість обраного маршруту. Мої дослідження в роботі мали на меті представити ключові показники та способи їх досягнення для надійного визначення ефективності автомобільного транспортного підприємства (АТП). На основі вибраного АТП мною зібрано дані про транспортні маршрути, запроваджені і виконані у 2022 році. Були проведені інтерпретація та аналіз отриманої інформації відповідних ділянок, а потім запропоновано альтернативи. У цій

магістерській роботі я виконав дослідження експлуатаційних параметрів транспортного комплексу. При проходженні практики була зроблена оцінка деяких ділянок маршрутів, які вказували за допомогою обраних показників, на необхідність адаптувати до специфіки АТП. Отримані мною результати спрямовані на локалізацію тих компонентів автомобільних маршрутів, які мають критичний вплив на весь процес. Запропоновані рішення служать для впровадження факторів, які прокладуть шлях для покращення послуг з перевезення вантажів. Проведено поглиблений аналіз усіх розділів та основних параметрів. Завдяки проведеним дослідженням було виявлено недопустимі параметри, виділено ефективні ділянки та розроблено пропозиції щодо нових маршрутів у випадку наявності маршрутів, які не були високоефективними та які мали можливий альтернативний діапазон значень показників. Отримані результати дослідження можуть містити для менеджерів з логістики життєво важливі елементи в транспортному процесі, на які слід звернути увагу при нагляді за цими процесами. Тому обраний мною напрям дослідження є актуальним.

Магістерська робота присвячена питанню удосконалення планування вантажних перевезень в АТП. Для цього обґрунтовано й розроблено алгоритми аналізу чинних маршрутів та розподілу наявних автомобільних транспортних засобів на них.

Предмет дослідження: залежність продуктивності й витрати палива парком автомобілів від прийнятих рішень стосовно параметрів маршрутів і розподілу АТЗ на них.

Об'єкти дослідження: маршрути перевезення вантажів автомобілями АТП.

Мета роботи – досягнути скорочення простоїв вантажних автомобілів.

Задачі дослідження

1. Проаналізувати відомі методи планування перевезень в теорії та на практиці.
2. Розробити алгоритм аналізу сукупності чинних маршрутів

3. Провести аналіз умов і обґрунтувати вибір режимів руху автомобільних транспортних засобів
4. Проаналізувати отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень та розробити рекомендації по вдосконаленню оперативного планування маршрутів.



# **1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

## **1.1 Загальна характеристика сучасних методів планування логістичних процесів у літературі**

В сучасній літературі відомо чимало методів організації роботи рухомого складу вантажного автомобільного підприємства й визначення техніко-експлуатаційних показників (ТЕП) його роботи. Однак, відомі методи можуть бути використані, переважно, для здійснення планування й оцінювання експлуатації автомобільних транспортних засобів (АТЗ), які використані на міських маршрутах. Узагальюючи і систематизуючи сучасну методичну базу для обчислення ТЕП для міжміських перевезень, ми можемо стверджувати, що методи, які працюють сьогодні присвячені лише окремим завданням, таким як визначення оптимальної вантажності парку АТЗ, розрахунок ТЕП, в тому числі необхідної кількості автомобілів, розподіл рухомого складу по заявках із застосуванням методів лінійного програмування, складання графіка роботи автомобілів, розрахунок витрат на перевезення та інші [2-5]. Виконання такого різноманіття розрізнених операцій і завдань оперативного планування в сучасних умовах без комплексного підходу до їх вирішення, а також без автоматизації переробки значних обсягів інформації – неефективне. Чимало методів розрахунку ТЕП і, в тому числі, необхідної кількості автомобілів для виконання заданого обсягу перевезень, базуються на фіксованому значенні вантажності АТЗ, в той час як визначення оптимальної вантажності має передувати визначенню необхідної кількості автомобілів [31]. В цьому випадку, якщо диспетчер здійснює «вручну» підбір АТЗ різної вантажності на заявку, витрати часу і трудовитрати є значними і вони, нерідко, не виправдовують цілого процесу планування, оскільки часто приводять до завищених похибок.

Більшість відомих методів стосуються планування міських перевезень, де витрати часу на транспортний цикл АТЗ є незначними. Тому, ці методи не застосовуються в умовах міжміських перевезень [2, 3].

На сьогоднішній день в якості тимчасового інтервалу для планування роботи рухомого складу використовуються, зазвичай, «доба» і «рік», але специфіка міжміських перевезень іноді вимагає використання інших часових інтервалів [9]. У разі використання наявних методів виникає похибка при розрахунку необхідної кількості автомобілів, що експлуатуються на міжміських маршрутах, за умови регламентації часу відправлення та доставки вантажу. Для складання графіка роботи автомобілів на маршруті, для уточнення і перевірки можливості виконання перевезень розрахованою кількістю автомобілів, застосовують, зазвичай, неавтоматизовані трудомісткі графоаналітичні методи [3,27, 28].

Розподіл автомобілів по заявках в АТП з урахуванням їх вантажності проводиться за допомогою методів лінійного програмування, проте використання критерію часу в розв'язуванні транспортної задачі порушує лінійність завдання [26]. Внесення інформації про наявність вільного рухомого складу при вирішенні транспортної задачі відбувається «вручну». Дотепер процес розподілу АТЗ по маршрутах з допомогою економіко-математичних методів є неавтоматизованим. Для того щоб достовірно описати транспортний процес, необхідно чітко уявляти собі часовий відрізок, впродовж якого відбуваються події на маршруті. З огляду на особливості умов роботи АТЗ, які експлуатуються на міжміських маршрутах, пропонується здійснювати планування ТЕП його роботи не за добу, а за більший період часу, оскільки транспортний процес підлягає збуренням, внаслідок яких виникають нерівномірності. Для розрахунку ТЕП може бути використаний рік, півріччя, сезон, квартал, місяць, тиждень або, навіть, час виконання однієї заявки з урахуванням повернення автомобіля в початковий пункт маршруту [6].

Виконаний мною попередній аналіз літературних джерел показав, що найбільше уваги приділено методикам рішення задач маршрутизації за критерієм оптимізації витрат перевізника (мінімізації пробігу, часу доставки) [7, 8, 23]. Проте, в умовах змінного попиту мінімізація витрат не дає повної картини успішності функціонування АТП.

Дуже часто зустрічаються публікації, де викладено нові й модифіковані методи маршрутизації перевезень дрібногуртових вантажів автомобільним транспортом та вибір шляхів удосконалення методів планування і організації цих перевезень. Дослідниками розглядаються проблеми формування раціональних розвізних маршрутів, у результаті чого запропоновано ряд методів рішення задачі «комівояжера» (рис. 1.1) [7, 8].

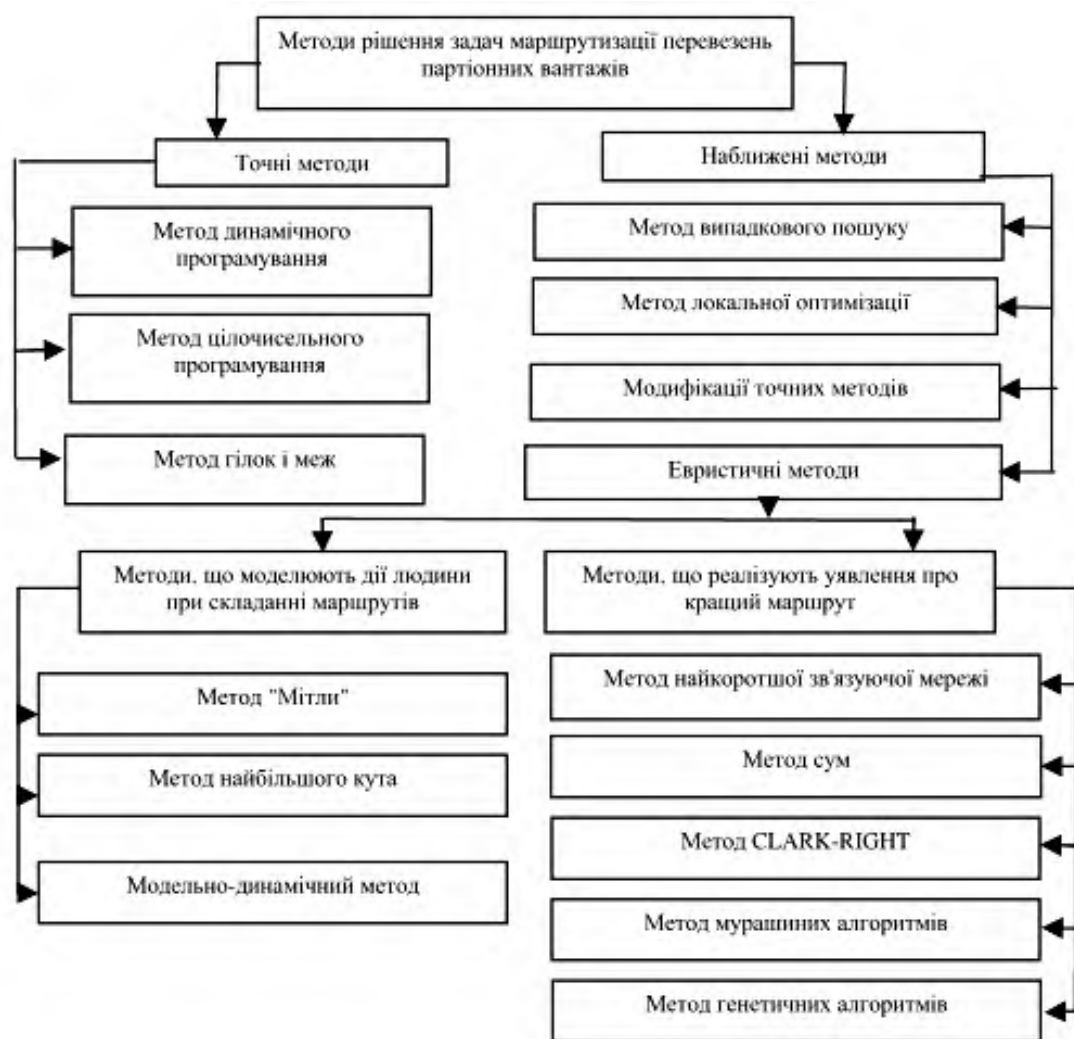


Рисунок 1.1 – Класифікація методів рішення “задачі комівояжера”

Однак, відомі методи не передбачають наявності великої кількості клієнтів, що обслуговуються (100 і більше). При застосуванні ж класичних наближених методів для вказаних умов обчислень є дуже великі, а час обчислення – дуже значний, тобто вони не гарантують результативність за прийнятний час. Таким чином, найбільш перспективним напрямком у розв'язку завдань є розвиток технологій, які поєднували б переваги геоінформаційних систем, математичного програмування й евристики. В основі роботи вищезгаданих технологій окремі дослідники пропонують такий алгоритм маршрутизації перевезень:

1) формування бази початкових даних, що повинна відображати всю інформацію, пов'язану з організацією перевезень вантажів;

2) ідентифікація потреби в транспортному обслуговуванні, яка базується на принципі сегментації послуг, тобто групуванню споживачів відповідно до тих або інших критеріїв обслуговування;

3) групування всього масиву споживачів на зони або сегменти;

4) розкладка клієнтських замовлень по транспортних засобах у межах кожного сегмента;

5) визначення порядку об'їзду транспортними засобами транспортних пунктів, набраних у маршрут;

6) перевірка відповідності отриманих результатів встановленим обмеженням і критеріям оптимальності;

7) виведення результатів у формі, зручній для подальшого використання.

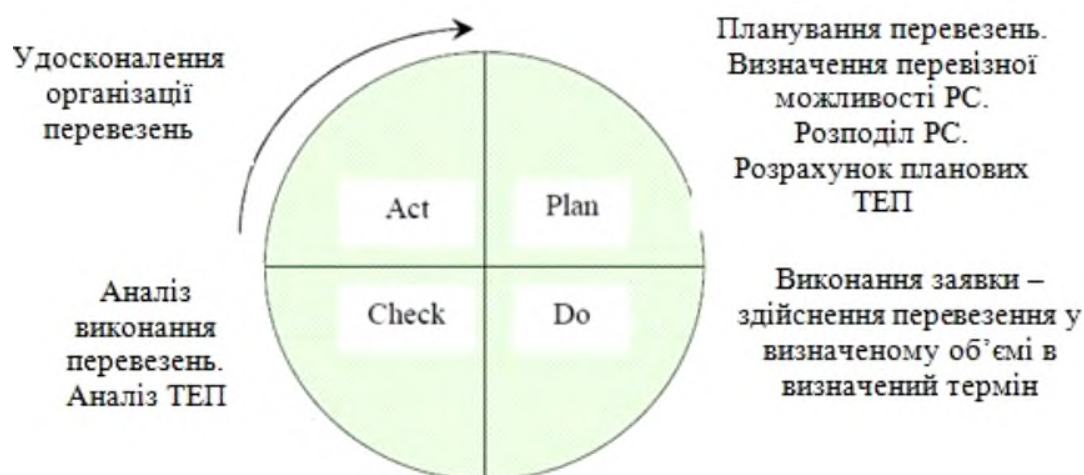
Таким чином, запропоновані підходи і критерій оптимальності для планування та організації вантажних перевезень дають змогу підвищити ефективність маршрутизації з урахуванням потреб, вимог і можливостей як організатора процесу транспортного обслуговування, так і клієнта [9].

## 1.2 Аналіз ефективності мультиагентної логістики

В даний час актуальність інтенсивного розвитку автомобільних вантажних перевезень стала вагомою не тільки на окремих підприємствах автотранспортної галузі, а й на державному рівні. Зокрема це відображено в Національній транспортній стратегії України до 2030 року, прийнятій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. Для задоволення зростаючого попиту на транспортування вантажів у міжміському сполученні виникає необхідність збільшення продуктивності роботи рухомого складу за рахунок якісного оновлення парку АТЗ, раціонального використання наявного потенціалу провізних можливостей, оперативного планування роботи автомобілів на маршрутах. Зниження якості надання транспортних послуг підприємствами автомобільного транспорту викликано рядом причин, які пов'язані як з технічними аспектами функціонування підприємств, так і з нераціональною організацією планування на підприємствах. Існуюча організація системи оперативного планування не завжди відповідає реальним потребам учасників процесу вантажних автомобільних перевезень. Основним недоліком на сьогоднішній день є те, що методологічна база сегментована і описує окремі етапи планування процесу перевезень. Методики, які працюють сьогодні, присвячені окремим завданням. Велика розмірність завдань і велика кількість суттєвих для практики обмежень призводить до неможливості отримання оптимальних рішень традиційними методами [10].

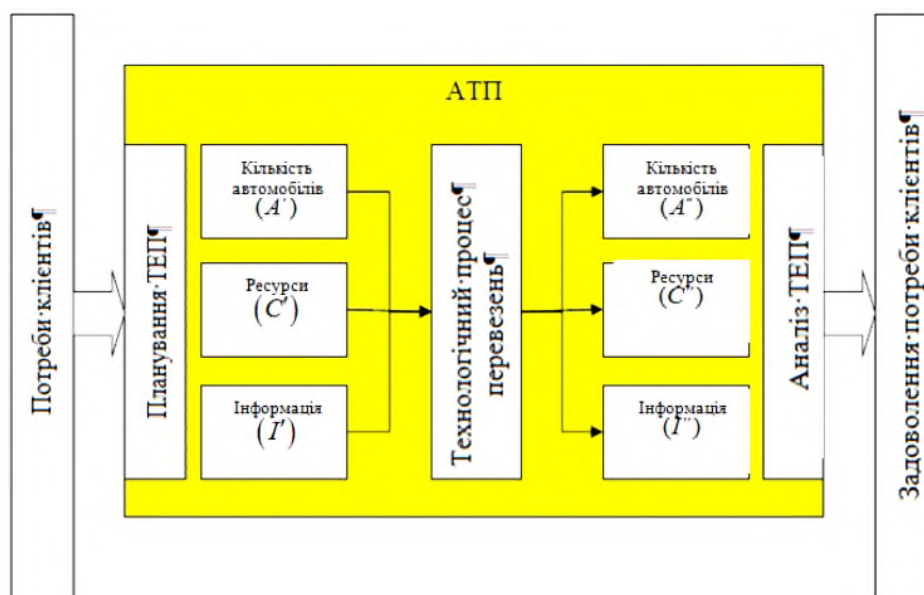
Для оцінки діяльності АТП застосовується системний комплексний підхід. АТП може бути розглянуто як єдина система забезпечення потреби клієнтів в перевезеннях, а також як систему з підсистемами, в якості яких виступають структурні підрозділи підприємства, від діяльності яких безпосередньо залежить робота підприємства в цілому. Використовуючи системний аналіз для формування структури управління процесом перевезення, можна виділити основні функціональні елементи системи. Для АТП це – окремі відділення, які взаємодіють. Досліджуючи усі підрозділи, що

становлять систему, – АТП, вивчаючи завдання, які вони виконують, беручи до уваги можливі функції і обов'язки, ці структурні складові не можна розглядати окремо один від одного, оскільки вони об'єднані єдиною метою – виконати потік замовлень в повному об'ємі, вчасно, дотримуючись високої якості наданих послуг і мінімальних витрат. А це є можливо лише при системному комплексному підході [23]. АТП потрібно розглядати як систему управління перевезеннями АТЗ. Для вдосконалення процесів перевезень широко використовується, так званий, PDCA-підхід (Plan-Do-Check-Act (Плануй - Роби - Перевіряй - Дій), який використовується при впровадженні змін і вирішенні проблем (рис. 1.2) [28].



*Рисунок 1.2 – PDCA-підхід при плануванні, аналізі та вдосконаленні діяльності автотранспортного підприємства*

Забезпечення виконання замовлень в повному обсязі і вчасно при мінімальних витратах може бути досягнуто створенням оптимальних перевізних можливостей автотранспортного підприємства і підвищенням їх ефективності. Схема перетворення потреби клієнтів в задоволеність при проходженні через систему автотранспортного підприємства представлена на рисунку 1.3.



*Рисунок 1.3 – Схема перетворення потреби клієнтів в задоволеність при проходженні через систему автотранспортного підприємства*

Підсумовуючи виконаний аналіз, можна стверджувати, що є необхідність розробки методики оперативного планування роботи АТЗ на міжміських маршрутах, що дозволила б:

- одночасно виконувати комплекс операцій з планування роботи автомобілів з мінімальними витратами;
- комплексно і точніше планувати роботу АТЗ;
- автоматизувати процес розподілу автомобілів за заявками;
- оперативно проводити аналіз роботи РС на міжміських маршрутах [11].

### **1.3 Оптимізація транспортних і логістичних процесів**

Транспортна логістика спеціалізується на переміщенні вантажів у межах транспортної мережі. Цей вид логістики є важливою частиною логістики. Транспортна логістика зосереджується на плануванні, а також на роботі в транспортній мережі. Роль транспортної логістики полягає в координації та оптимізації переміщення вантажів, а також пасажирів. Транспортна логістика регулює ці рухи від моменту і точки входу в мережу до моменту і точки

виходу з мережі. У реальному житті це означає, що всі відправлення узгоджуються з моменту їх прийняття від перевізника до моменту доставки одержувачу.

У зв'язку з тим, що велика увага приділяється якості та високому рівню послуг, що надаються, застосування методів оптимізації сучасних логістичних процесів є необхідністю. У багатьох наукових статтях розглядаються питання оптимізації транспортних процесів у логістичному ланцюгу [3, 5, 7, 12]. Переважно, методи оптимізації все частіше використовуються для управління логістичними ланцюгами, оскільки їх результати дають чітку уяву про заходи щодо вдосконалення транспортного бізнесу. Переваги відомих методів оптимізації включають зниження витрат на транспортування, зберігання або виробничі процеси. Крім економічної переваги внаслідок оптимізації ми також отримуємо можливість підвищення ефективності роботи АТЗ за часом, необхідного для виконання логістичних операцій. У більшості випадків ставка робиться на повнішому використанні інформації, яку можна отримати внаслідок структурно-функціонального аналізу найслабшої ланки логістичного ланцюга вибраного АТП, для підготовки пропозиції щодо заходів у транспортних процесах, а потім для їх оцінки з економічної точки зору.

Для досягнення мети аналізу дослідження початкових умов оптимізації потрібно розділити на теоретико-методологічну частину та прикладну. Метою оптимізації є ефективніше використання транспортних засобів, технологій, енергетичних та людських ресурсів. Прикладна частина містить аналіз транспортних маршрутів, оптимізацію за допомогою методів оперативного дослідження [13].

Найчастіше при оптимізації логістичних ланцюгів застосовують евристичні методи, такі як найближчих сусідів і метод апроксимації Фогеля. Внаслідок оптимізації при цьому наводиться оцінка оптимізованих маршрутів, їх економічні результати та пропозиції щодо вдосконалення бізнес-процесів [14]. Якщо поглянути на транспортну логістику з ширшої



точки зору, її можна розуміти як інструмент для оптимізації просторового розподілу потужностей. Подальша діяльність полягає в координації рухів і діяльності всіх засобів і пристроїв, необхідних для здійснення перевезень даного транспортного елемента. Завдяки кращому розподілу транспортних вузлів за допомогою транспортної логістики можна знизити вимогливість до транспортування. Стосовно вантажних перевезень відбувається зниження вимог до транспорту.

#### **1.4 Висновки до розділу**

Оперативне планування можна охарактеризувати як окремий, але дуже важливий вид діяльності АТП. Інший варіант розгляду оперативних планувань – це сприйняття їх як сукупності кількох окремих задач, які взаємопов'язані. Ці часткові задачі зосереджені на більшій кількості типів дрібних проблем вирішення. Операційне планування також можна позначити терміном «дослідження операцій», завдяки якому можна краще зрозуміти суть цієї діяльності. Дослідження операцій, або операційне дослідження, знаходить застосування там, де використовують аналіз і координацію певних засобів. Ці операції зазвичай включені в систему. Метою оперативного планування є забезпечення найкращого функціонування всього АТП. Така ситуація забезпечується визначенням певного рівня виконання операцій і налагодженням взаємовідносин.

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ АНАЛІЗУ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСІВ

### 2.1 Показники для оцінки експлуатаційних параметрів

Ефективність вантажних перевезень вимірюється, коли ми хочемо перевірити, наскільки ефективно надаються транспортні послуги [24]. Транспортні компанії встановлюють оцінкові показники ефективності, щоб визначити замітники під час визначення транспортних коридорів від постачальників до клієнтів. Визначення нових рішень має базуватися на досягненні найвищої ефективності за найменших витрат. При розгляді транспортного планування необхідно обчислювати такі показники [24]:

- тривалість руху АТЗ від моменту його відправлення до прибуття в кінцевий пункт маршруту:

$$t_h = t_{jh} + t_{wh}, \text{ год.}, \quad (2.1)$$

де  $t_{jh}$  – час руху, год.;

$t_{wh}$  – час очікування оперативних заходів (простою до навантаження, розвантаження, оформлення документації тощо).

Робоча швидкість означає відношення пройденої відстані до часу роботи за одиницю часу (2.2):

$$v_{h,e} = L_h / T_{ph}, \text{ км/год.} \quad \text{км/год.}, \quad (2.2)$$

де  $L_h$  – відстань, пройдена по маршруту  $h$ , км;

$T_{ph}$  – час роботи автомобіля та всіх супутніх дій, год.

Технічна швидкість транспортного засобу, що означає співвідношення між пройденою дистанцією та часом руху за одиницю часу:

$$v_{h,t} = L_h / T_{jh}, \text{ км/год.}, \quad (2.3)$$

де  $L_h$  – відстань, пройдена по маршруту  $h$ , км;

$T_{jh}$  – час руху автомобіля по маршруту, год.

Коефіцієнт використання фонду часу, який означає час руху за годину робочого часу  $K_{h,p} \in \{0,1\}$ .

Вантажообіг, який є добутком обсягу вантажу, що перевозиться за даним маршрутом, на довжину цього маршруту:

$$Q_h = \sum Q_i L_i = 1 \cdot L_i, \text{ т-км}, i=1..n, \text{ т-км}, \quad (2.4)$$

де  $Q_i$  – обсяг вантажу, виражений у тоннах,

$L_i$  – довжина маршруту, км.

Коефіцієнт використання провізної здатності, який є відношенням транспортної роботи, фактично виконаної АТЗ за одиницю часу, до транспортної роботи, яку можна було б виконати, якби АТЗ працював на повну потужність:

$$K_{h,q} = Q_h Q_{h,poj} \cdot L_h, \quad (2.5)$$

де  $K_{h,q} \in \{0,1\}$ ,  $Q_h$  – транспортна робота,

$Q_{h,poj}$  – максимальна дозволена вантажомісткість транспортного засобу, виражена в тоннах.

ККД автомобіля – це відношення транспортної роботи до часу роботи автомобіля:

$$w_h = Q_h / T_{h,p}, \text{ ткм/год}. \quad (2.6)$$

Завчасне оцінювання показників дозволяє виявити стимулюючі або деструктивні фактори впливу на транспортний процес. Крім того, це дозволяє

раціонально керувати процесом. Однак, з іншого боку, для точного обчислення вказаних показників потрібні вхідні дані, які є обґрунтованими за об'ємом. Тому потрібен відповідний підхід для аналізу маршрутів.

## 2.2 Аналіз реальних маршрутів

Основою методу дослідження, який був застосований, є аналіз чинних маршрутів. На проаналізованих мною маршрутах вантажні склади розташовані в пунктах: Ковель, Львів, Луцьк, Тернопіль, Радивилів, Славута. Залишилися пункти розвантаження складів. У зв'язку з проведеним дослідженням результати зібраних даних по досліджуваних маршрутах ми представили в табл. 2.1.

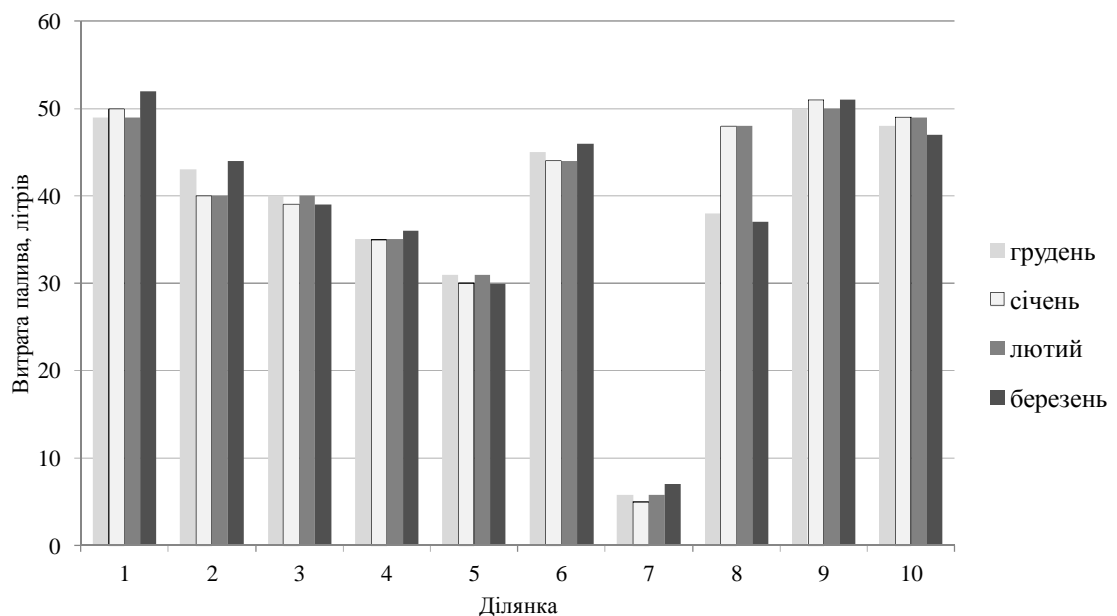
Таблиця 2.1 – Результати роботи АТЗ по маршрутах

Період	Маршрут №	Пробіг, км	Обсяг перевезень, тон
вересень 2023	1	1260	147
	2	1280	196
	3	1400	122,5
	4	870	73,5
жовтень 2023	1	1470	171,5
	2	1280	196
	3	1960	171,5
	4	2610	220,5
листопад 2023	1	1050	122,5
	2	480	73,5
	3	1120	98
	4	1740	147
грудень 2023	1	1680	196
	2	1760	269,5
	3	280	24,5
	4	2320	196
Разом за період	–	22560	2425,5

Таблиця 2.2 – Список транспортних завдань, що виконуються

Ділянка	Дата відправлення	Час відправлення	Крайні пункти ділянки	Відстань, км	Вантажність, тон	Дата прибуття	Час прибуття	Тривалість завантаження, год:хв	Тривалість розвантаження	Відпочинок	Виграза палива, л
1	02.01.2023	14:50:00	Луцьк-Львів	160	10.5	02.01.2023	17:40:00	0:50:00			49
2	02.01.2023	18:30:00	Львів-Тернопіль	141	20.3	02.01.2023	21:00:00	1:00:00	1:00		43
3	02.01.2023	23:40:00	Тернопіль-Львів	141	0	02.01.2023	2:10:00			11	40
4	03.01.2023	13:20:00	Львів-Радивилів	110	23.7	03.01.2023	15:20:00	0:50:00	1:00		35
5	03.01.2023	17:30:00	Радивилів-Львів	110	0	03.01.2023	19:30:00			11	31
6	14.01.2023	14:00:00	Радивилів-Ковель	157	12.64	14.01.2023	16:30:00	0:30:00	1:10		45
7	14.01.2023	18:20:00	Ковель-Луцьк	92	1.64	14.01.2023	19:00:00		0:25		58
8	14.01.2023	19:30:00	Луцьк-Славута	135	0	14.01.2023	21:50:00			11	38
9	16.01.2023	14:00:00	Славута-Тернопіль	160	23.46	16.01.2023	17:00:00	1:00:00			50
10	16.01.2023	18:00:00	Тернопіль-Славута	160	0	16.01.2023	21:00:00				48
1	12.02.2023	17:00:00	Луцьк-Львів	160	20	12.02.2023	20:30:00	1:15:00	0:20		50
2	12.02.2023	22:30:00	Львів-Тернопіль	141	15	13.02.2023	22:30:00		1:00		40
3	13.02.2023	3:30:00	Тернопіль-Львів	141	0	13.02.2023	3:30:00			11	39
4	10.02.2023	14:00:00	Львів-Радивилів	110	22	10.02.2023	14:00:00	1:00:00	0:30		35
5	10.02.2023	17:30:00	Радивилів-Львів	110	0	10.02.2023	17:30:00			11	30
6	14.02.2023	4:30:00	Радивилів-Ковель	157	18.5	14.02.2023	4:30:00	2:00:00	2:00		44
7	14.02.2023	10:00:00	Ковель-Луцьк	22	10	14.02.2023	10:00:00		1:00		5
8	14.02.2023	11:30:00	Луцьк-Славута	135	0	14.02.2023	11:30:00			11	48
9	13.02.2023	14:00:00	Славута-Тернопіль	160	23	13.02.2023	14:00:00	2:00:00	1:00		51
10	13.02.2023	18:00:00	Тернопіль-Славута	160	0	13.02.2023	18:00:00				49
1	11.03.2023	18:30:00	Луцьк-Львів	160	5	11.03.2023	21:30:00	1:00:00			49
2	11.03.2023	22:30:00	Львів-Тернопіль	141	23	12.03.2023	1:45:00	0:30:00	1:00		40
3	12.03.2023	3:00:00	Тернопіль-Львів	141	0	12.03.2023	5:30:00			11	40
4	20.03.2023	12:40:00	Львів-Радивилів	110	22.5	20.03.2023	14:40:00	1:00:00	1:00		35
5	20.03.2023	15:40:00	Радивилів-Львів	110	0	20.03.2023	18:50:00				31
6	12.03.2023	23:50:00	Радивилів-Ковель	157	19.75	13.03.2023	2:30:00	1:30:00	1:00		44
7	13.03.2023	3:30:00	Ковель-Луцьк	22	4	13.03.2023	4:10:00		0:30	11	58
8	13.03.2023	5:30:00	Луцьк-Славута	135	0	13.03.2023	8:00:00				48
9	26.03.2023	1:00:00	Славута-Тернопіль	160	21.6	26.03.2023	4:00:00	1:30:00	1:00		50
10	26.03.2023	5:00:00	Тернопіль-Славута	160	0	26.03.2023	8:50:00				49
1	17.04.2023	3:00:00	Луцьк-Львів	160	19	17.04.2023	6:30:00	1:00:00			52
2	17.04.2023	7:30:00	Львів-Тернопіль	141	19.77	17.04.2023	10:45:00	0:30:00	2:00		44
3	17.04.2023	12:45:00	Тернопіль-Львів	141	0	17.04.2023	15:00:00			11	39
4	18.04.2023	5:20:00	Львів-Радивилів	110	22	18.04.2023	7:30:00	1:00:00	1:00		36
5	18.04.2023	8:30:00	Радивилів-Львів	110	0	18.04.2023	10:20:00				30
6	07.04.2023	19:00:00	Радивилів-Ковель	157	10	07.04.2023	21:30:00	2:00:00	1:00		46
7	07.04.2023	22:40:00	Ковель-Луцьк	22	12	07.04.2023	23:10:00		0:30		7
8	07.04.2023	23:40:00	Луцьк-Славута	135	0	08.04.2023	2:45:00				37
9	16.04.2023	22:50:00	Славута-Тернопіль	160	23.5	16.04.2023	2:10:00	1:00:00	1:00		51
10	16.04.2023	3:10:00	Тернопіль-Славута	160	0	16.04.2023	6:55:00				47

Дані, наведені на в табл. 2.2, систематизовано в секційну систему. Кожен маршрут руху поділено на відповідну кількість ділянок залежно від місць завантаження чи розвантаження. Кожна секція містить також дані про витрату палива (рис.2.1), корисне навантаження (рис.2.2) та дані про час, пов'язаний з завантаженням і розвантаженням, серед іншого. Інформація в таблиці 2.2 послужила нам джерелом для розрахунку експлуатаційних параметрів у таблиці 2.2. Обсяг вантажу, що перевозиться, і максимально допустима вантажність були використані для розрахунку коефіцієнта вантажності. Продуктивність транспортного засобу була визначена з кількості перевезених тон, пройденої відстані та часу роботи. Споживання палива на окремих ділянках за певний місяць було проаналізовано та представлено на рис. 2.1. Таким чином, найменше питоме споживання палива спостерігалось на ділянці 6 порівняно з 1, 9 та 10, які мають аналогічну довжину та стан дорожнього покриття.



*Рисунок 2.1 – Аналіз обсягів споживання палива на ділянках магістральних маршрутів*

Далі було проведено детальний аналіз технічної швидкості, робочої швидкості, корисного навантаження та витрати палива. Результати

визначались щомісяця за проаналізований період. Ми навели дані, та вказали ділянки з низькими показниками в окремі місяці. На ділянках 2, 4, 6, 7 та 9 у кожному з аналізованих місяців досягнуто низьких параметрів оперативної швидкості (рис.2.3). Особливо низька технічна швидкість на ділянці 5 – у грудні.

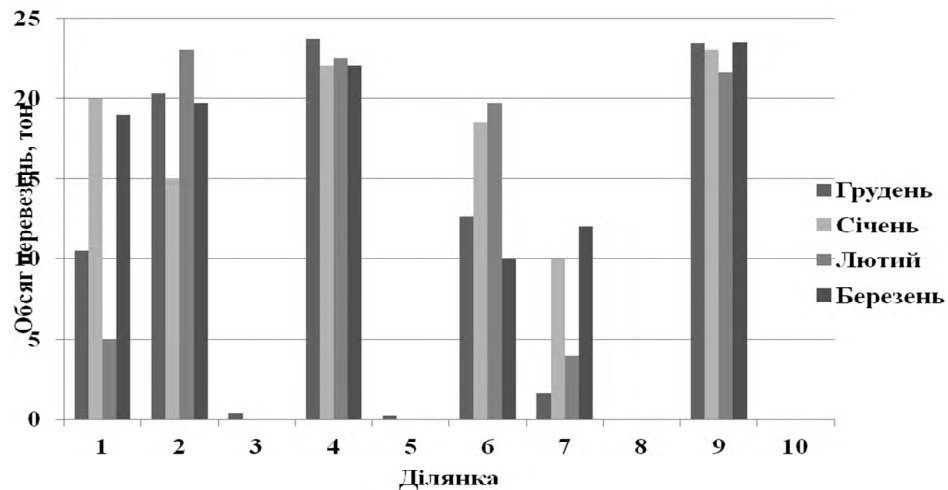


Рисунок 2.2 – Зміна обсягів перевезень залежно від ділянки

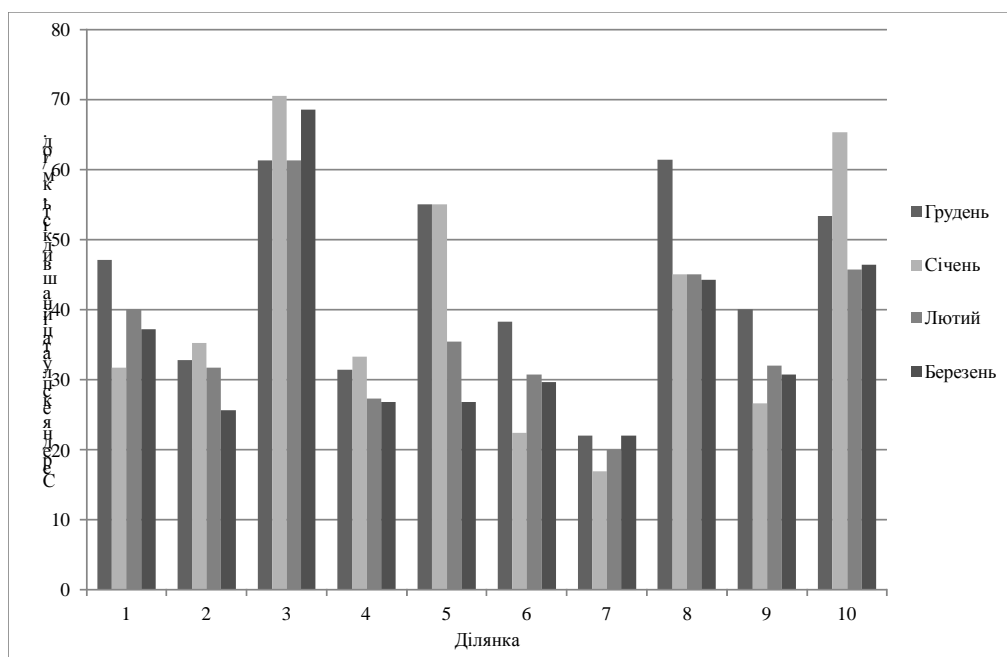


Рисунок 2.3 – Зміна середньої експлуатаційної швидкості по ділянках маршрутів

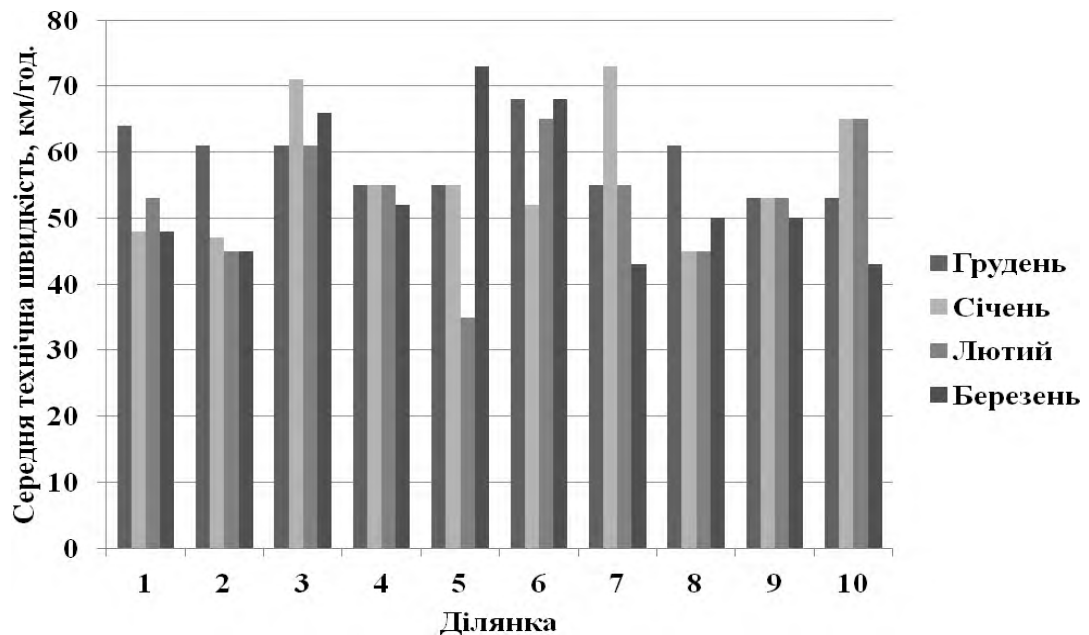


Рисунок 2.4 – Зміна середньої технічної швидкості по ділянках маршрутів

### 2.3 Маршрутизація вантажних перевезень

Наявність великого гурту вантажів, готових до відправлення означає, що вантажність АТЗ  $q_{\phi} < k$ , де  $k$  – розмір гурту. Отже, процес його перевезення має бути циклічним, тобто складатиметься з декількох поїздок. Якщо ці поїздки відрізнятимуться маршрутами через різні пункти відправлення і споживання вантажів, то потрібно звести до мінімуму загальний пробіг усіх автомобілів, оскільки їх вантажність забезпечена достатнім обсягом завдання. Іншими словами, якщо при заданих різних вантажопотоках потрібно розподілити наявний рухомий склад так, щоб виконати заданий обсяг перевезення з мінімальним сумарним пробігом. Задача має таке формулювання. Дано  $m$  пунктів відправлення з відповідними запасами вантажів  $a_1, a_2, \dots, a_m$  і  $n$  пунктів призначення, в яких є потреба, відповідно  $b_1, b_2, \dots, b_n$  одиниць цих вантажів, до того ж:  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ . Задана оптимальна матриця обсягів перевезення  $Q = \|q_{ij}\|$ , де  $q_{ij}$  – заданий вантажопотік з пункту  $i$



до пункту  $j$ . Потрібно побудувати оптимальний план перевезення  $x = \|x_{ij}\|_{m,n}$ , де  $x_{ijm}$  – кількість подач автомобілів типу  $m$ , за яким вантажі будуть доставлені з мінімальним пробігом. Задано обмеження:  $\sum_{i=1}^n x_{ij} = a_i$ ,  $\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j$ . Фактично зміст задачі полягає у визначенні оптимальних повернень АТЗ для завантаження. На основі матриці  $Q = \|q_{ij}\|$  потрібно скласти матрицю оптимізації марних пробігів, яку також розв'язують методами лінійного програмування. На даному етапі критерієм оптимізації є мінімальний марний пробіг автомобілів або кількість подач порожнього транспорту:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{m.x.ij} \times q_{ji} \text{ ® } \min \quad (2.7)$$

де  $l_{m.x.ij}$  – марний пробіг автомобіля, км;  $q_{ji}$  – кількість подач порожніх умовних однотонних автомобілів до пункту завантаження.

Для розв'язання цієї задачі потрібно прийняти, що перевезення здійснюються умовними однотонними автомобілями, тобто кількість поїздок автомобілів дорівнює числовому значенню обсягу перевезень в тоннах. Потрібно також скласти суміщену матрицю вантажопотоків і порожніх автомобілепотоків, для чого внести в оптимальний розв'язок матриць марних пробігів раніше наведену матрицю  $Q$ . Таким чином формуються маршрути. Складання маршрутів починають з виписування найпростіших, тобто маятникових. Їх отримують при виконанні умови:

$$L_{в.ij} = L_{м.х.ji}, \text{ км}, \quad (2.8)$$

де  $L_{в.ij}$  – пробіг з вантажем умовних автомобілів вантажністю 1 тонна між  $i$ -м відправником та  $j$ -м споживачем, км;

$L_{м.х.ji}$  – марний пробіг від  $j$ -го споживача до  $i$ -го відправника.

Якщо умова (2.8) виконується, то отримують маятниковий маршрут з пробігом  $2L_{ij}$ . Якщо ж  $L_{v,ij} > L_{m,x,ji}$ , або  $L_{v,ij} < L_{m,x,ji}$ , то маятниковий маршрут виконуватиметься з пробігом, що дорівнює меншому з пробігів: з вантажем або марному. Приклад суміщеної матриці подано в табл. 2.3. Перш, ніж розпочати складання маршрутів руху, потрібно переконатись у тому, що всі дані занесені в табл. 2.3 правильно. Для цього потрібно, щоб суми пробігів з вантажем (цифри в дужках) дорівнювали сумам марних пробігів (цифри без дужок) по всіх рядках та стовпцях.

Таблиця 2.3 – Суміщена матриця

Споживачі	Пункти відправлення				Кількість пробігів
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	
$B_1$	(100)	(200)	200		400 (300)
$B_2$	300		(200)		300 (200)
$B_3$	(200)		200 (200)		200 (400)
$B_4$	100 (100)			400	500 (100)
$B_5$	200			(400)	200 (400)
Кількість пробігів	600 (400)	(200)	400 (400)	400 (200)	1400 (1400)

У цьому прикладі маємо загальну кількість пробігів з вантажами і без вантажів – 1400. З матриці вибираємо два маятникові маршрути:

$A_1$ – $B_4$  – 100 пробігів;  $A_3$ - $B_3$  – 200 пробігів.

Далі – складають кільцеві маршрути. Для цього запишемо перетворену матрицю (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Суміщена зменшена матриця

Споживачі	Пункти відправлення				Кількість пробігів
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	
$B_1$	(100)	(200)	<b>200</b>		200 (300)
$B_2$	<b>300</b>		(200)		300 (200)
$B_3$	(200)				(200)
$B_4$				<b>400</b>	400
$B_5$	<b>200</b>			(400)	200 (400)
Кількість пробігів	500 (300)	(200)	200 (200)	400 (400)	1100 (1100)

Кільцеві маршрути складають так. Будують замкнуті контури так, щоб в їх вершинах були по чергово завантажені поїздки та марні пробіги [14].

Спочатку будують простіші три, чотиривершинні контури. Потім – складніші: п'яти-, шести-, семи-, восьми-, дев'ятивершинні контури. Кількість поїздок на кожному маршруті приймається такою, що дорівнює мінімальній з цифр у вершинах контуру. Записавши маршрут, вилючаємо з таблиці ту кількість пробігів, яка здійснюється на даному маршруті. Для заданого прикладу, наприклад, можна виписати такі кільцеві маршрути:

$$A_1-B_5-A_4-B_4 - 200 \text{ пробігів}; A_1-B_2-A_3-B_1 - 200 \text{ пробігів.}$$

Кожен з одержаних кільцевих маршрутів може мати початок від будь-якого відправника, які входять в маршрут. Вибір початкових відправників здійснюють, враховуючи умову досягнення мінімальних нульових пробігів. Для цього порівнюють нульовий пробіг від АТП до кожного з можливих перших пунктів завантаження. Вибирають найменший з них.

#### **2.4 Методика і алгоритм розподілу автомобілів**

Методика дозволяє поєднувати в собі і виконувати одночасно операції по визначенню раціональної вантажності АТЗ щодо вимог заявок, розрахунку необхідної кількості автомобілів з урахуванням оптимальної продуктивності усього рухомого складу і витрат на перевезення, обліку витрат на перевезення і розрахунку ТЕП роботи АТЗ, визначення зайнятості парку автомобілів в будь-який момент часу. Для здійснення оперативного планування за наведеним алгоритмом необхідно сформувати базу даних (БД) вихідної інформації « $Z_j$ » (отримані заявки), « $A_{ik}$ -власн» (власний парк автомобілів), « $A_{ikзал}$ » (залучений парк автомобілів) і бази даних результуючої інформації « $ТЕП_j$ » (ТЕП за заявкою), « $ТЕП_{ц розр}$ » (ТЕП за «розрахунковий час циклу»), « $C_{перев j}$ » (витрати на перевезення по заявці), « $C_{перев.ц.розр}$ » (витрати на перевезення за «розрахунковий час циклу»). Планування може виконуватися АТП, що експлуатує власний або залучений вантажний автомобільний

транспорт. У АТП надходять заявки  $Z_j$  ( $j$  - порядковий номер заявки,  $j = 1 \dots m$ ).

Вхідний потік вимог складається з:

- найменування і властивостей вантажу;
- обсягу вантажу, заявленого до перевезення  $Q_j$ , т,  $j=1 \dots m$ ;
- дати поставки  $t_{j\text{кін}}$  і терміну заявки  $T_j$  дн  $j$ , днів,  $j=1 \dots m$ ;
- пунктів навантаження і розвантаження та виходячи з цього довжини

маршруту  $l_{mj}$ , км,  $j=1 \dots m$ .

Для здійснення оперативного планування потрібні вихідні дані, представлені на рисунках 2.5 і 2.6.

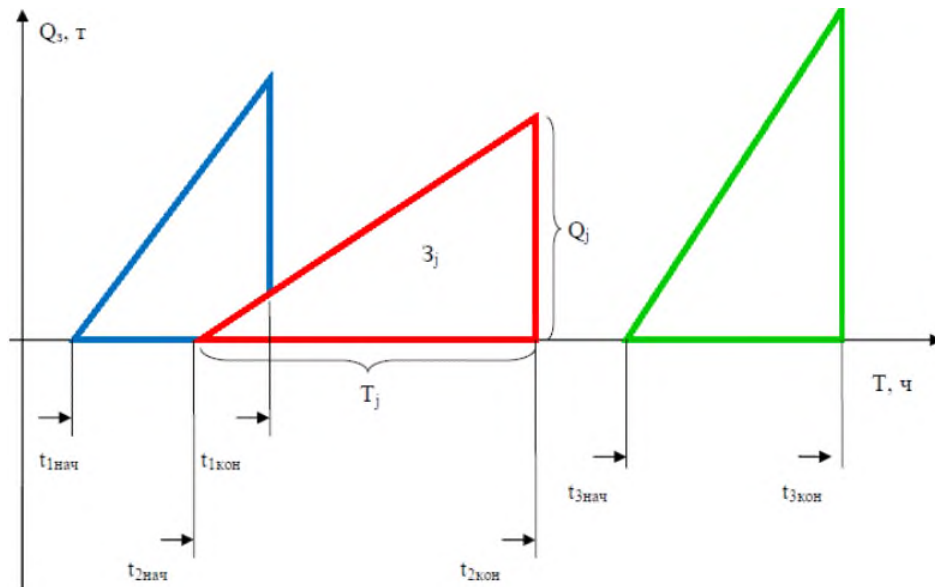


Рисунок 2.5 – Вихідні дані по заявках для здійснення оперативного планування

Розглянемо найбільш складний випадок застосування даної методики. АТП має власні автомобілі  $A_{ik}$  ( $i$  - типи автомобілів,  $i=1 \dots n$ ,  $k$  – номер АТЗ,  $k=1 \dots p$ ) з номінальною вантажністю  $q_{ni}$ . При надходженні заявки із зазначенням виду вантажу і габаритних характеристик автоматично буде задіяний підрозділ БД « $A_{ik}$  власн» або « $A_{ik}$  зал» з тим типом рухомого складу, який використовується для перевезення даної категорії вантажів. Для забезпечення максимально ефективного використання вантажності АТЗ і

об'єму кузова розраховується коефіцієнт використання вантажопідйомності і вантажомісткості. За допомогою оператора «або» визначається оптимальне розташування вантажу в кузові автомобіля. При визначенні максимального завантаження АТЗ можна використовувати відомі залежності [13]:

$$\begin{aligned} N_D &= [D_K / (D_B \text{ OR } Ш_B \text{ OR } B_B)] \\ N_{Ш} &= [Ш_K / (D_B \text{ OR } Ш_B \text{ OR } B_B)] \\ N_B &= [B_K / (D_B \text{ OR } Ш_B \text{ OR } B_B)] \end{aligned} \quad (2.9)$$

де  $N_D$  – кількість розташованих одиниць вантажу по довжині кузова транспортного засобу, од.;

$N_{Ш}$  – кількість розташованих одиниць вантажу по ширині кузова транспортного засобу, од.;

$N_B$  – кількість розташованих одиниць вантажу по висоті кузова транспортного засобу, од.;

$D_K$  – довжина кузова транспортного засобу, м;

$Ш_K$  – ширина кузова транспортного засобу, м;

$B_K$  – висота кузова транспортного засобу, м;

$D_B$  – довжина вантажу;

$Ш_B$  – ширина вантажу;

$B_B$  – висота вантажу;

OR – оператор вибору альтернатив «або».

Максимально можливу кількість одиниць вантажу, що розміщується в кузові АТЗ визначали за виразом [3]:

$$N_{\max} = N_D \cdot N_{Ш} \cdot N_B. \quad (2.10)$$

Коефіцієнти використання вантажності і вантажомісткості визначаються за класичними формулами [12]. Для визначення оптимального маршруту і

пробігу рухомого складу можна застосовувати існуючі програмні продукти, в тому числі зазначені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики сучасних програмних продуктів з планування перевезень

Постачальник: назва IT рішення	Інтеграція в ІС	Заявка на доставку	Побудова маршрутів	Розподіл по автомобілях	Друк документів	План-факт	Облік найму	Облік ПММ	Облік постійних витрат	Облік рознесених витрат	Підсумкові звіти
ДТКсофт: ІАС «Вантажоперевезення»	+	+			+	+		+	+	+	+
ПАРУС: Управління транспортом	+	+	+		+				+		+
ФОРЕС: Автотранспорт		+	+	+		+			+		+
Акселот: Управління перевезеннями		+	+	+			+			+	+
ІТОВ: Центр логістики				+	+	+	+	+	+		+
ТопПлан: TopLogistics	+	+		+	+			+			+
ESRI: ArcLogistics Route		+	+					+	+	+	+

Для вирішення поставленої в роботі мети введемо поняття «Ідентифікований автомобіль» і «оператор обліку часу зайнятості ідентифікованого автомобіля». Ідентифікуємо АТЗ, використовуємо для цього додатковий індекс « $k$ » ( $k$  – номер автомобіля, що дає змогу його ідентифікувати,  $k= 1..p$ ), що дозволить з більшою точністю і оперативністю здійснювати вибір АТЗ серед вільних автомобілів для роботи на  $j$ -ій заявці. Застосовуємо оператор обліку часу ( $O_{Oч}$ ), який дозволяє фіксувати:

- часовий інтервал «час виконання  $j$ -ої заявки»;
- моменти початку і закінчення виконання роботи ідентифікованого транспортного засобу;
- часовий інтервал «зайнятість  $k$ -го автомобіля  $i$ -го типу на  $j$ -ій заявці».

Усе це дає змогу врахувати і впорядкувати в часі надійшовші на автотранспортне або експедиційне підприємство заявки і уникнути надалі трудомісткої побудови графіка випуску автомобілів вручну. Блок-схема алгоритму роботи автомобілів на міжміських маршрутах представлена на рисунку 2.6. Розподіл рухомого складу по заявках проводиться у відповідності до алгоритму, представленого на рисунку 2.7.

Важливим елементом методики оперативного планування роботи автомобілів на міжміських маршрутах є алгоритм автоматизованого розподілу автомобілів по заявках на міжміських маршрутах з використанням оператора обліку часу і коефіцієнта перекриття тимчасових інтервалів «час заявки» і «зайнятість автомобіля». При надходженні чергової заявки розраховується:

- термін виконання заявки в годинах  $T_{з год j}$ , год.,  $j=1...m$ ;
- час циклу автомобіля на  $j$ -ій заявці  $t_{об j}$ , год;
- кількість циклів автомобіля  $z_{об j}$  за термін виконання заявки в годинах  $T_{з год}$ ;
- необхідна продуктивність рухомого складу по заявці:

$$W_j = \frac{Q_j}{t_{об j}}, \quad \text{т/год.} \quad (2.11)$$

де  $W_j$  – потрібна продуктивність рухомого складу за заявкою, т/год;

$Q_j$  – обсяг вантажу, заявленого до перевезення, т;

$t_{об j}$  – час обороту автомобіля на  $j$ -ій заявці, год;

$W_{ij}$  – продуктивність  $i$ -го типу автомобіля на  $j$ -ій заявці:

$$W_{i.j} = \frac{q_{н.i} \times g}{t_{об.j}}, \quad \text{т-км/год.}, \quad (2.12)$$

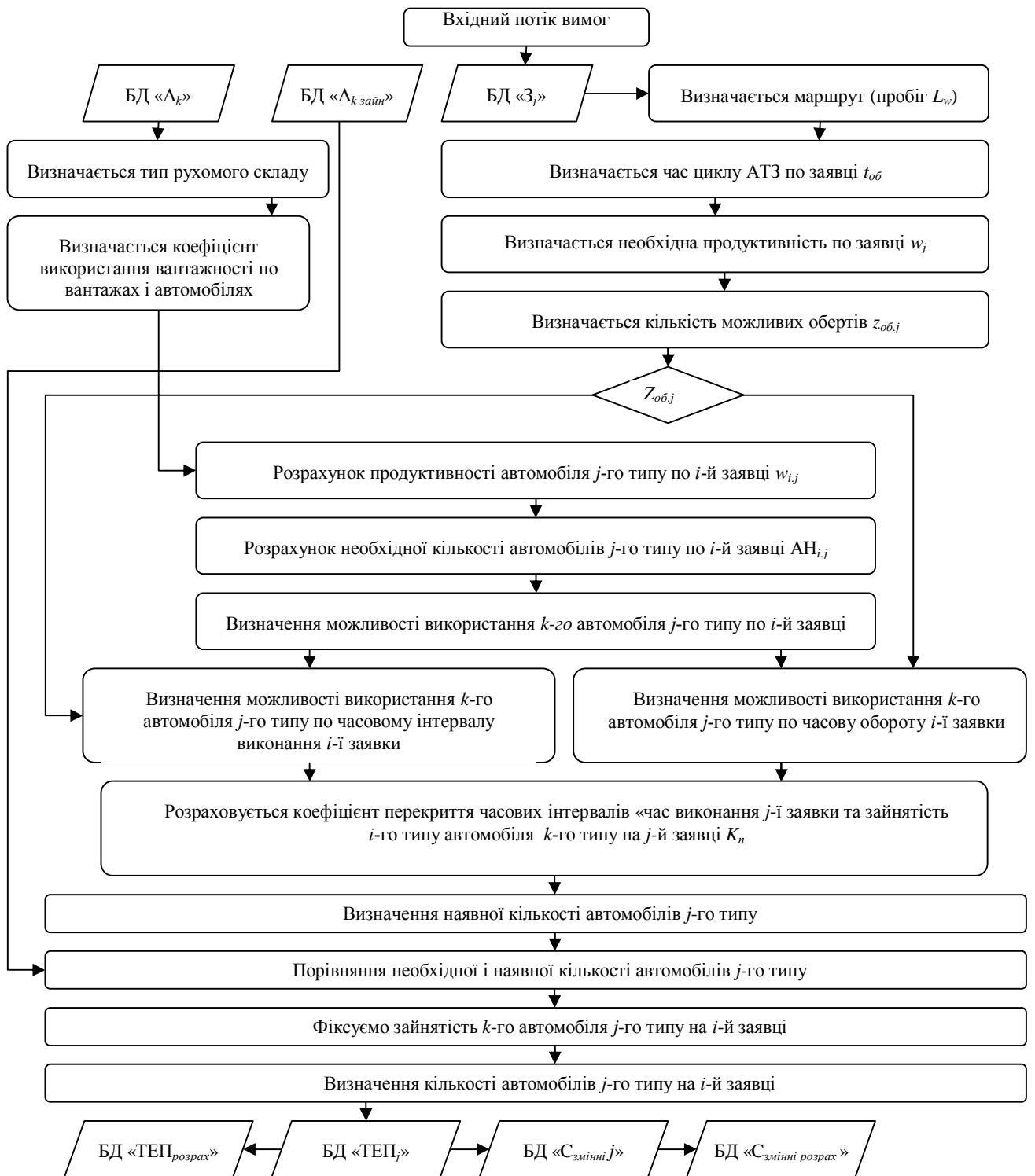


Рисунок 2.5 – Блок-схема методики оперативного планування (МОП) роботи автомобілів на міжміських маршрутах

де  $W_{ij}$  – продуктивність і-го типу автомобіля на j-ій заявці, т/год;  
 $q_{ni}$  – номінальна вантажопідйомність автомобіля і-го типу, т;



$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажності і вантажомісткості (з допомогою оператора «OR» визначається оптимальне розташування вантажу в кузові автомобіля);

$t_{обj}$  – час обороту автомобіля на  $j$ -ій заявці, год.

Вибір оптимальної продуктивності рухомого складу на заявку здійснюється серед наявних вільних автомобілів, враховуючи умову:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} = W_j. \quad (2.12)$$

При виборі автомобіля враховуються властивості вантажу і спеціалізація рухомого складу. Для розрахунку використовується підрозділ БД « $A_{ік}$  власн» або « $A_{ік}$  зал» по певній групі рухомого складу (бортові, рефрижератори, самоскиди, цистерни). Вибір рухомого складу починаємо з розрахунку необхідної кількості автомобілів максимальної продуктивності ( $w_{i=1,j} = \max w_{i,j}$ ):

$$AH_{i,j} = \frac{W_j \sum_{i=1}^{n-1} AB_i w_{ij}}{w_{ij}}, \quad (2.13)$$

де  $AH_{ij}$  – необхідна кількість автомобілів  $i$ -го типу на  $j$ -ій заявці, з максимальною продуктивністю, од.;

$AB_i$  – автомобілі  $i$ -го типу, вибрані для роботи на  $j$ -ій заявці, од.;

$w_{ij}$  – максимальна продуктивність рухомого складу на  $j$ -ій заявці із наявного на підприємстві, т/год.

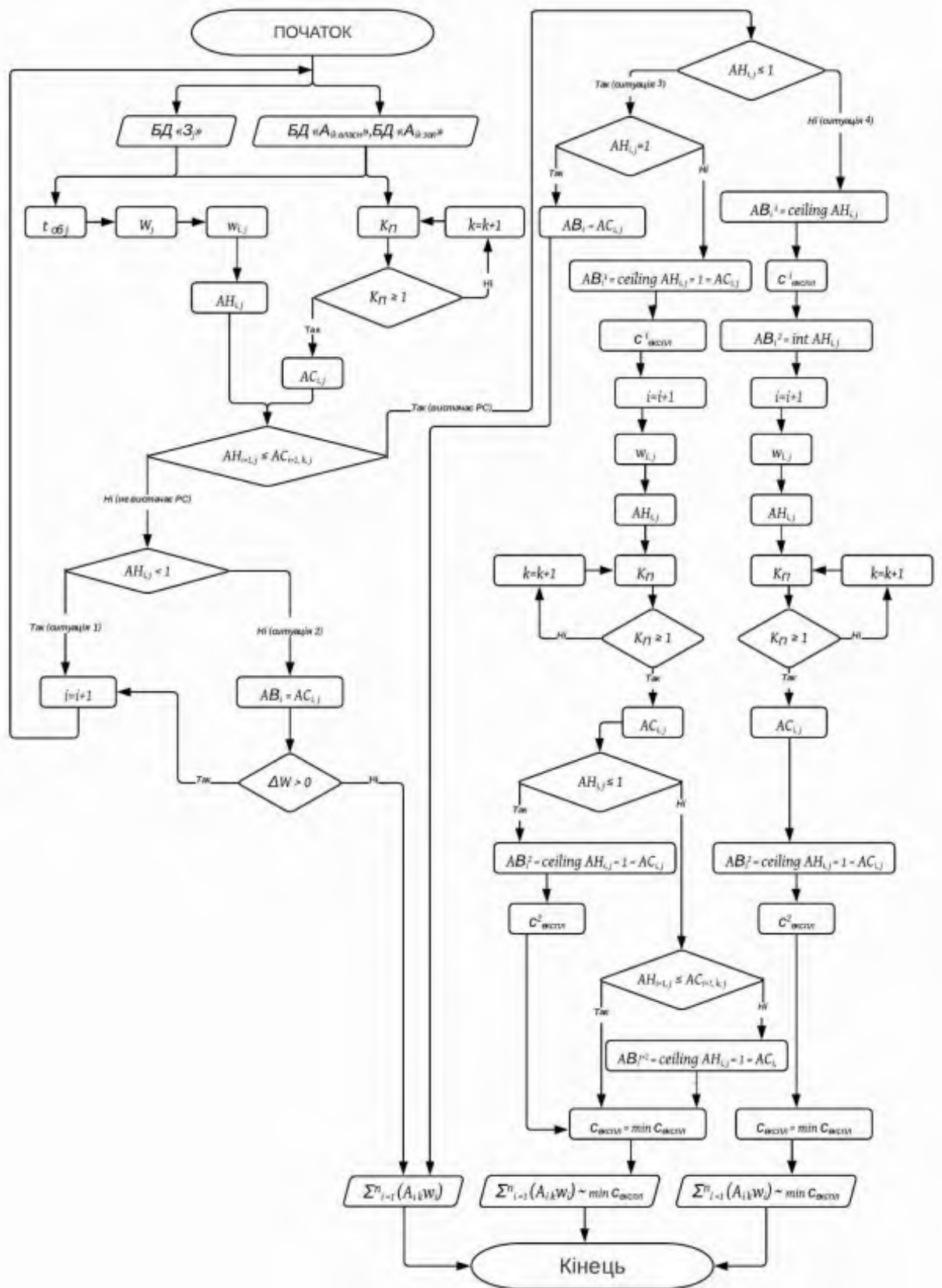


Рисунок 2.6 – Вихідні дані по автомобілях для здійснення оперативного планування

Визначається можливість використання автомобіля  $i=1$  типу  $k$ -го номера для роботи на  $j$ -ій заявці (чи вільний даний автомобіль на часовому інтервалі «час виконання  $j$ -ої заявки») з використанням ООЧ та БД « $A_{ik}$  власн». Для цього розраховується коефіцієнт перекриття КП:

$$K_{\Pi} = \frac{t_{A_{ik},m,поч}}{t_{A_{ik},k(m-1),кінь}}, \quad (2.14)$$

де КП – коефіцієнт перекриття тимчасових інтервалів «час виконання  $j$ -ої заявки» і «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці»;

$t_{A_{ik},m,поч}$  – пункт початку роботи  $k$ -го автомобіля  $i$ -го типу  $A_{ik}$  на запланованій  $j$ -ій заявці, год;

$t$  – пункт закінчення роботи автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера  $A_{ik}$  на попередній заявці, год.

Використовуємо оператор « $K_{\Pi} > 1$ ». Якщо  $K_{\Pi} \geq 1$ , то цей автомобіль може бути задіяний на планованій заявці і присвоюємо йому «1»-допущений. Визначаємо кількість автомобілів  $i=1$  типу вільних для виконання даної заявки і позначаємо його  $AC_j$ . При виборі автомобіля можна встановити пріоритет для тих автомобілів, які мають найбільше значення КП. Це забезпечить рівномірне використання автомобілів. Якщо  $K_{\Pi} < 1$ , то цей автомобіль не може бути задіяний на планованій заявці, тому блокуємо його, привласнюючи йому «0» – не допущений.

У тому випадку, якщо за «час виконання  $j$ -ої заявки» може бути виконано кілька оборотів на маршруті, то розбиваємо цей часовий інтервал на відрізки «час одного циклу на  $j$ -ій заявці» і визначаємо можливість використання автомобілів на кожному з цих відрізків за формулою (2.14). Наведений вище оператор в програмній оболонці представлений як оператор порівняння тимчасового інтервалу «час виконання  $j$ -ої заявки» і тимчасових інтервалів «зайнятість автомобіля  $i$ го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці».

Порівнюємо отримане раніше значення необхідної кількості автомобілів  $i=1$  типу 1,  $AN_{i=1,j}$  з наявною кількістю власних вільних для виконання даної заявки автомобілів  $AC_j$ .

Використовуємо оператор « $AN_{i=1,j} \leq AC_{i=1,j}$ » і додатковий оператор « $AC_{i=1,j} < 1$ ».

Якщо автомобілів потрібно менше одиниці, а вільних автомобілів  $i=1$  типу немає (*ситуація №1*), то зробимо розрахунок необхідної кількості автомобілів з найбільшим наступним значенням  $w_{ij}$ , а саме  $w_{i=2,j} =$  за формулою (2.11) і будемо слідувати наведеному раніше алгоритму.

Якщо автомобілів потрібно більше одиниці, а вільних автомобілів недостатньо (*ситуація №2*), то приймаємо для роботи на  $j$ -ій заявці кількість автомобілів  $i$ -го типу рівне наявним  $AC_{i,j}$ :

$$AB_i = AC_{ij}, \quad (2.15)$$

при цьому:

- враховується пріоритет на виконання  $j$ -ої заявки, його мають автомобілі з найбільшим позитивним значенням КП;

- присвоюється обраним для роботи на даній  $j$ -ій заявці автомобілів  $i$ -го типу і  $k$ -го номера «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці» в БД « $A_{ik}$  власн» для того щоб використовувати цю інформацію при обробці наступних заявок.

Може скластися ситуація, коли власних автомобілів недостатньо для виконання обсягу перевезень за заявкою, тоді задіємо БД « $A_{ik}$  зал». Якщо  $AN_{ij} \leq AC_{ij}$  і  $AN_{ij} \leq 1$ , це означає, що необхідних автомобілів потрібно менше, ніж один і вільних автомобілів  $i=1$  типу досить (*ситуація №3*).

Якщо  $AN_{ij} \leq 1$ , то в цьому випадку необхідно буде порівняти декілька альтернативних варіантів за витратами на перевезення.

Варіант 1. Приймаємо для роботи на  $j$ -ій заявці один автомобіль  $i$ -го типу:

$$AB_i = \text{ceiling}AH_{ij} = 1 = AC_{ij}. \quad (2.16)$$

При цьому враховується пріоритет автомобілів на виконання  $j$ -ої заявки, і обраним для роботи на даній заявці автомобілям присвоюється «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці» в БД « $A_{ik}$  власн». Розраховуємо витрати на перевезення по  $j$ -ій заявці при використанні цього автомобіля  $i$ -го типу, використовуємо при цьому:

- БД « $Z_j$ » з інформацією: години роботи на маршруті і пробіг на маршруті по  $j$ -ій заявці;

- БД « $A_{ik}$  власн» з інформацією: норма витрати палива, норма витрат на шини, норма витрат на ТО і ТР, норма амортизаційних відрахувань по рухомому складу, вартість автомобіля  $i$ -го типу;

- відомі формули для розрахунку експлуатаційних витрат.

Варіант 2. Розглянемо рухомий склад меншої вантажності і продуктивності.

Зробимо розрахунок необхідної кількості автомобілів з найбільшим наступним значенням  $w_{ij}$ , а саме,  $w_{i=2,j}$  за формулою аналогічною (2.11):

$$AH_{i=2,j} = \frac{W_j - \sum_{i=1}^{n-1} AB_{ik} w_{ij}}{w_{i=2,j}}. \quad (2.17)$$

Слідуючи викладеному раніше алгоритму, неодмінно перевіряємо наявність вільних АТЗ. Якщо і тут  $AH_{ij} < 1$ , то підемо аналогічно діям при варіанті 1.

Якщо  $AH_{ij} = 1$ , то без додаткових розрахунків і порівнянь приймаємо для роботи на даній  $j$ -ій заявці саме цей автомобіль  $i$ -го типу  $k$ -го номера, відзначаємо «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці» в БД « $A_{ik}$  власн» і завершуємо розрахунки.

Якщо  $AN_{ij} > 1$ , то при наявності вільних автомобілів приймаємо для роботи на  $j$ -ій заявці автомобілі  $i$ -го типу в кількості необхідних з заокругленням у більшу сторону:

$$AB_i = \text{ceiling} AN_{ij}, \quad (2.17)$$

і розраховуємо витрати на перевезення по  $j$ -ій заявці при використанні автомобілів цього  $i$ -го типу, використовуємо при цьому БД «З <sub>$j$</sub> », БД «A<sub>ік власн</sub>» і відомі формули для розрахунку експлуатаційних витрат.

Порівнюємо ці альтернативні варіанти по витратах на перевезення і вибираємо той варіант, якому відповідають найменші витрати і завершуємо розрахунки.

Тепер розглянемо ситуацію №4, їй відповідає відповідь «ні» при використанні додаткового оператора « $AN_{ij} < 1$ ». Це означає, що  $AN_{ij} > 1$  і вільних автомобілів  $i=1$  типу досить. В цьому випадку необхідно буде порівняти декілька альтернативних варіантів по витратах на перевезення.

Варіант 1. Приймаємо для роботи на  $j$ -ій заявці автомобілі  $i$ -го типу в кількості потрібних з заокругленням у більшу сторону.

При цьому врахуємо пріоритет автомобілів на виконання  $j$ -ої заявки і дамо обраним автомобілям «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці» в БД «A<sub>ік власн</sub>». Розраховуємо витрати на перевезення по  $j$ -ій заявці при використанні автомобілів цього  $i$ -го типу.

Варіант 2. Приймаємо для роботи на  $j$ -ій заявці автомобілі  $i$ -го типу в кількості потрібних з заокругленням в меншу сторону:

$$AB_i = \text{int ceiling} AN_{ij}. \quad (2.18)$$

При цьому врахуємо пріоритет автомобілів на виконання  $j$ -ої заявки і присвоїмо обраним автомобілям «зайнятість автомобіля  $i$ -го типу  $k$ -го номера на  $j$ -ій заявці» в БД «A<sub>ік власн</sub>». Зробимо розрахунок необхідної кількості

автомобілів з найбільшим наступним значенням  $w_{ij}$ , а саме,  $w_{ij}=2$  за формулою (2.17).

Слідуючи викладеному алгоритму, неодмінно перевіряємо наявність вільних автомобілів. Розраховуємо витрати на перевезення для варіанту 2. Порівнюємо ці альтернативні варіанти за витратами на перевезення і вибираємо той варіант, якому відповідають найменші витрати та завершуємо розрахунки. Після того, як фіксується результат  $AB_i$ , розраховується величина  $\Delta W_j$  яка показує залишок нерозподіленого по автомобілях вантажу:

$$DW_j = W_j - \sum_{i=1}^{n-1} AB_i w_{ij}, \quad (2.19)$$

Якщо  $\Delta W_j \leq 0$ , то розрахунки закінчені, якщо  $\Delta W_j > 0$ , то продовжуємо перебір рухомого складу за індексами « $k$ » й « $i$ ». Блок-схема алгоритму представлена на рисунку 2.6.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Спостереження на маршрутах

Проходячи практику, я провів дослідження на транспортній компанії «Каміон Сервіс», яка надає послуги з 2008 року. АТП управляється як одноосібне підприємство згідно з українським законодавством. Характеризується стабільною позицією на ринку з багаторічним досвідом. Зареєстрований офіс знаходиться у Львівській області.

АТП надає внутрішні послуги, тобто перевезення вантажів тільки по Україні. Компанія має три функціональні вантажівки. Кожен комплект складається з тягача + напівпричіпа. Один із наборів був включений у це дослідження. Отримані мною дані стосуються тягача SCANIA R420 2008 року випуску. Допустима загальна маса 40000 кг, корисне навантаження – 18000 кг (максимальне навантаження на задню вісь), власна маса – 7350 кг з двигуном потужністю 309 кВт. Напівпричіп – KRONE 2014 р.в., вантажністю 24 тонни, допустимою повною масою 40000 кг. Автомобіль та напівпричіп в хорошому візуальному та технічному стані. За кермом був – 27-річний професійний водій із чотирирічним стажем. Транспортна компанія надає послуги звичайного підрядника. Вантаж, що перевозиться – харчовий асортимент. Товар розміщений на піддонах євро. Компанія працює за принципом DAP (Delivered at Place), згідно з яким продавець несе відповідальність і витрати до доставки товару в пункт призначення, вказаний одержувачем. Компанія отримує інформацію про вантажно-розвантажувальні майданчики. Потім він визначає маршрут у власному масштабі, враховуючи лінійну та вузлову інфраструктуру. Це забезпечує безпечний проїзд дорогами, які придатні для перевезення важких вантажів, у тому числі під естакадами без ризику для інших учасників дорожнього руху. Мною проаналізовано дані за чотири місяці: вересень-грудень 2024 року. Для аналізу було вибрано чотири фіксовані маршрути за всі місяці:

маршрут 1 Тернопіль – Львів – Луцьк (рис.3.1);



маршрут 2: Львів – Радивилів – Ковель

маршрут 3: Радивилів – Ковель – Луцьк – Славута – Тернопіль

маршрут 4: Львів – Тернопіль.

Хід транспортного процесу на маршрутах 1 і 3 базується на принципах схемної моделі, яка полягає у завантаженні вантажу в початковій точці з можливістю завантаження або вивантаження в наступних точках. Це одна з найефективніших моделей, оскільки дозволяє оптимально використовувати вантажний простір. Реалізація такої моделі спрямована на зниження загальних транспортних витрат.

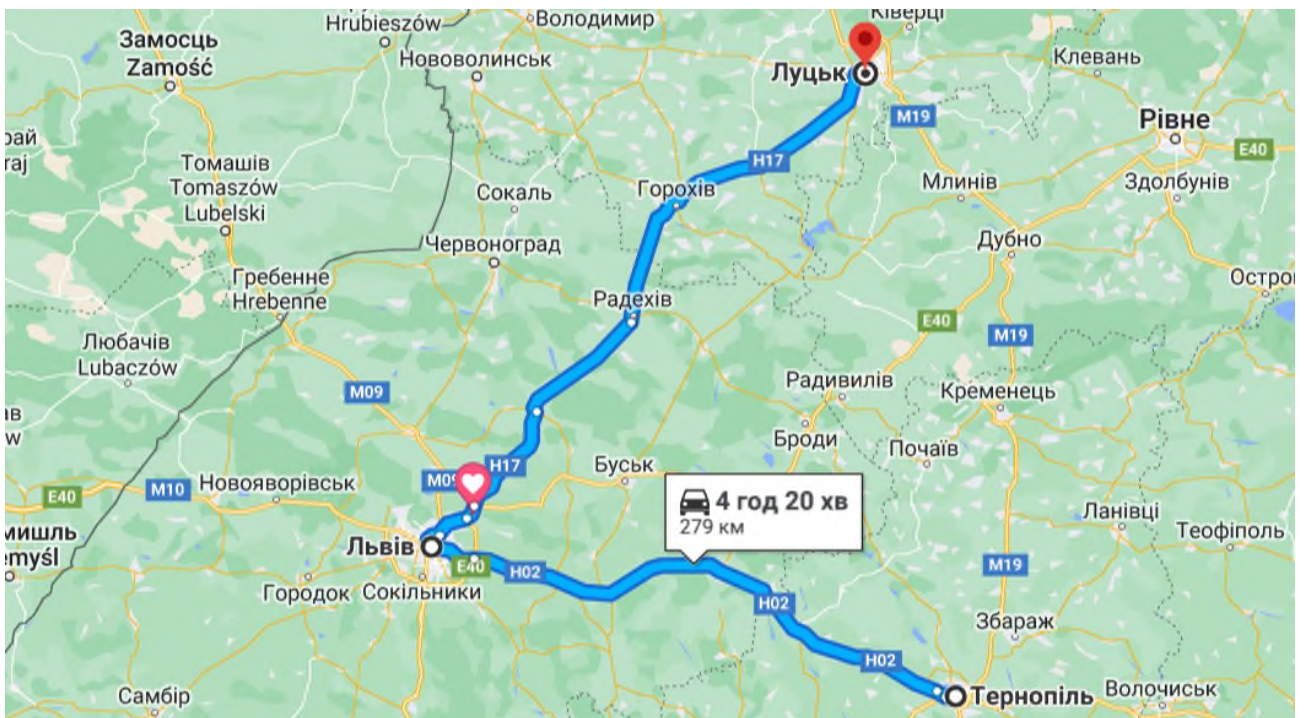
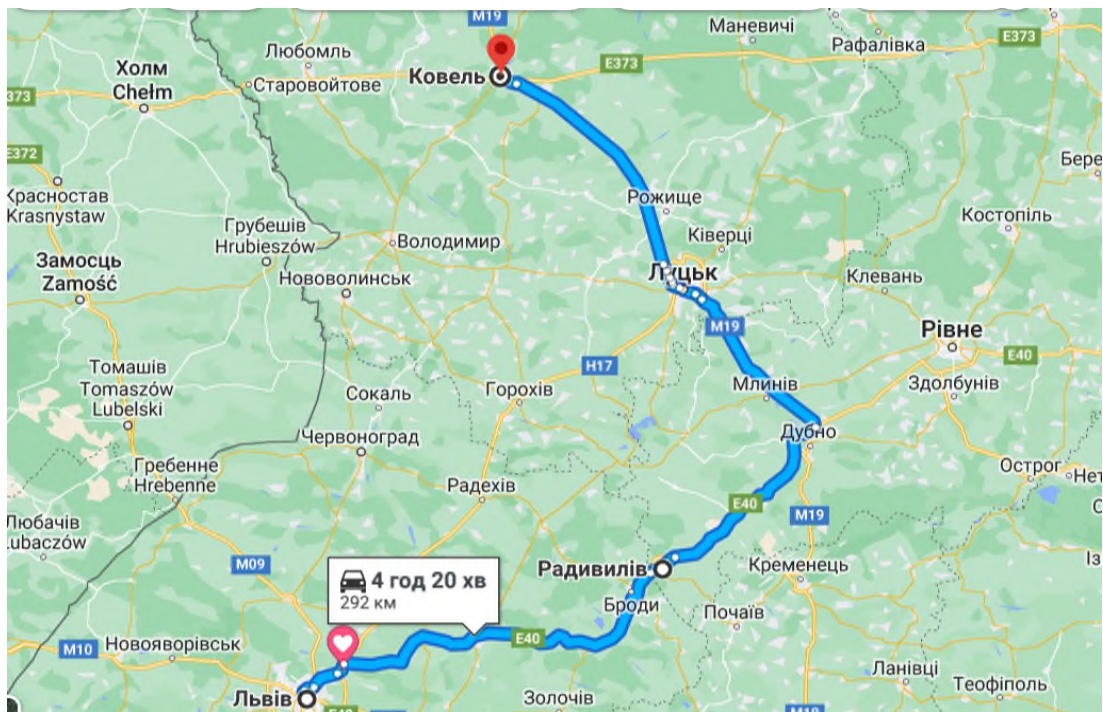
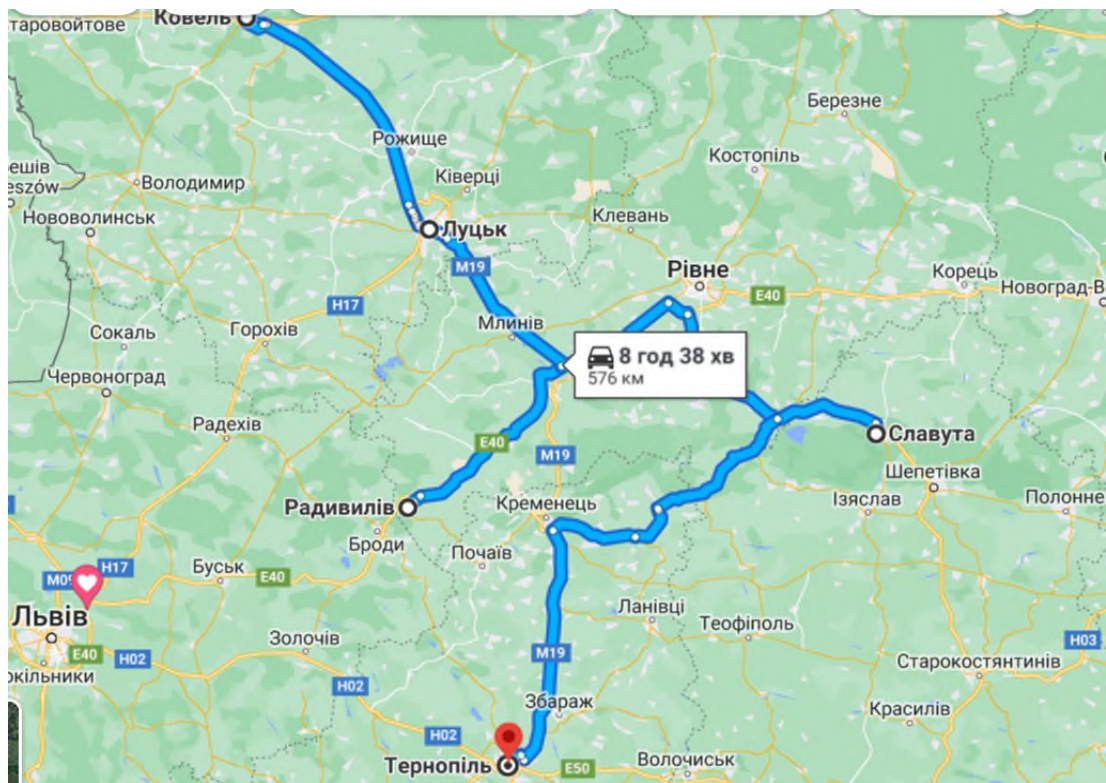


Рисунок 3.1 – Карта маршруту №1



*Рисунок 3.2 – Карта маршруту №2*



*Рисунок 3.3 – Карта маршруту №3*



1. Побудовано зовнішню швидкісну характеристику дизельного двигуна згідно з початковими характеристиками двигуна.
2. Побудовано універсальну динамічну характеристику вантажного АТЗ та проаналізовано його швидкісну спроможність в заданих дорожніх умовах зі змінним корисним навантаженням.
3. Побудовано та проаналізовано залежність продуктивності АТЗ (зі змінним корисним навантаженням) від його швидкості в заданих дорожніх умовах.

Продуктивність вантажного АТЗ залежить від техніко-експлуатаційних чинників та організації процесу перевезення вантажів. Якщо не враховувати організаційні чинники, у тому числі, ті, що пов'язані з організацією дорожнього руху (прийємо рух по магістральній дорозі без короткотермінових зупинок), то продуктивність АТЗ можна виразити формулою:

$$W_P = V_a \cdot q_{\phi}, \text{ т-км /год.}, \quad (3.1)$$

де  $V_a$  - середня швидкість руху АТЗ, км/год.,

$q_{\phi}$  - фактична кількість перевезеного вантажу, т.

Оскільки, впродовж однієї їздки фактичне завантаження АТЗ практично не змінюється, то для досягнення максимальної продуктивності завантаженого автомобіля потрібно прагнути, розвиваючи максимально допустиму швидкість у заданих дорожніх умовах.

Значення коефіцієнта сумарного опору дороги  $\gamma$  є узагальнюючим показником щодо дорожніх умов. При відомих довжинах ділянок дороги  $l_i$  зі сталим значенням коефіцієнта сумарного опору дороги  $\gamma_i$ , можна розрахувати і використовувати в подальших розрахунках середньозважене значення параметра  $\gamma = \gamma_{\text{сер}}$ .

Залежність швидкості АТЗ у формулі (3.1) від частоти обертів колінчастого вала двигуна  $n_e$ ,  $\text{хв}^{-1}$  без врахування проковзування коліс має вигляд:

$$V_a = 0,1047 \frac{r_k n_e}{i_k i_o}, \text{ м/с}, \quad (3.2)$$

де  $r_k$  - радіус кочення коліс, м;

$i_k$  - передатне число поточної ( $k$ -ї) передачі коробки перемикачів;

$i_o$  - передатне число головної передачі трансмісії автомобіля.

Як відомо, визначення тягово-швидкісної спроможності АТЗ в заданих дорожніх умовах проводять за його динамічною характеристикою. Динамічна характеристика автомобіля - це залежність  $D = f(V_k)$ , де  $D$  - динамічний фактор АТЗ. Характеристика будується на усіх передачах коробки передач за формулою

$$D = \frac{M_e \cdot i_k \cdot i_o \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k} - k_n \cdot F \cdot V_a^2 \cdot \frac{1}{G_a}, \quad (3.3)$$

де  $M_e$  - значення максимального обертового моменту вала двигуна за його зовнішньою швидкісною характеристикою,  $\text{Нм}$ ;

$\eta_{\text{тр}}$  - к. к. д. трансмісії,

$k_n$  - коефіцієнт опору повітря,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$ ;

$F$  - площа лобового опору (міделевого перерізу) автомобіля,  $\text{м}^2$ ,

$G_a$  - вага автомобіля  $G_a = m_a g$  Н;

$m_a$  - повна маса автомобіля, кг.

Залежність обертового моменту  $M_e$  при відомому значенні потужності  $N_e$  від поточного значення частоти обертів двигуна  $n_e$  шукають з виразу:

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n_e}, \text{ Нжм.} \quad (3.4)$$

Це означає, що початковою інформацією для побудови динамічної характеристики АТЗ -  $D = f(V_k)$ , є зовнішня швидкісна характеристика двигуна. В довідковій літературі такі характеристики, як правило, не подають. Натомість, початкові дані обмежені двома точками швидкісної характеристики, а саме: максимальною потужністю  $N_{e_{\max}}$  і максимальним обертовим моментом  $M_{e_{\max}}$ , які реалізують при відповідних частотах обертів колінчастого вала двигуна -  $n_N$  та  $n_M$ . В рамках поставлених задач дослідження, без суттєвих спотворень, ділянку зовнішньої швидкісної характеристики в інтервалі частот  $n_M \ll n_N$  можна вважати лінійною. Тому, в даній магістерській роботі для побудови залежності  $N_e(n_e)$  пропонується обмежитися саме цими початковими даними щодо двигуна (табл. 3.1). Для наступних завдань варто скористатися апроксимованим виразом С. Лейдермана [33]:

$$N_e = N_{e_{\max}} \left[ a \frac{n_e}{n_N} + b \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right], \text{ Вт,} \quad (3.5)$$

де  $a, b, c$  - коефіцієнти, які характеризують протікання кривої потужності і залежать від типу двигуна та конструкції камери згоряння.

Зокрема, для дизеля з прямотоковим впорскуванням палива вони дорівнюють:  $a=0,87, b=1,13, c=1,00$ .

На рис. 3.5 зображено зовнішню швидкісну характеристику двигуна, для якого  $N_{e\max} = 55$  кВт при  $n_N = 2400$  хв<sup>-1</sup> і  $M_{e\max} = 260$  Нм при  $n_M = 1360$  хв<sup>-1</sup>. Графік функції  $N_e(n_e)$  побудовано за формулою (3.5), а графік функції  $M_e(n_e)$  - за формулою (3.5).

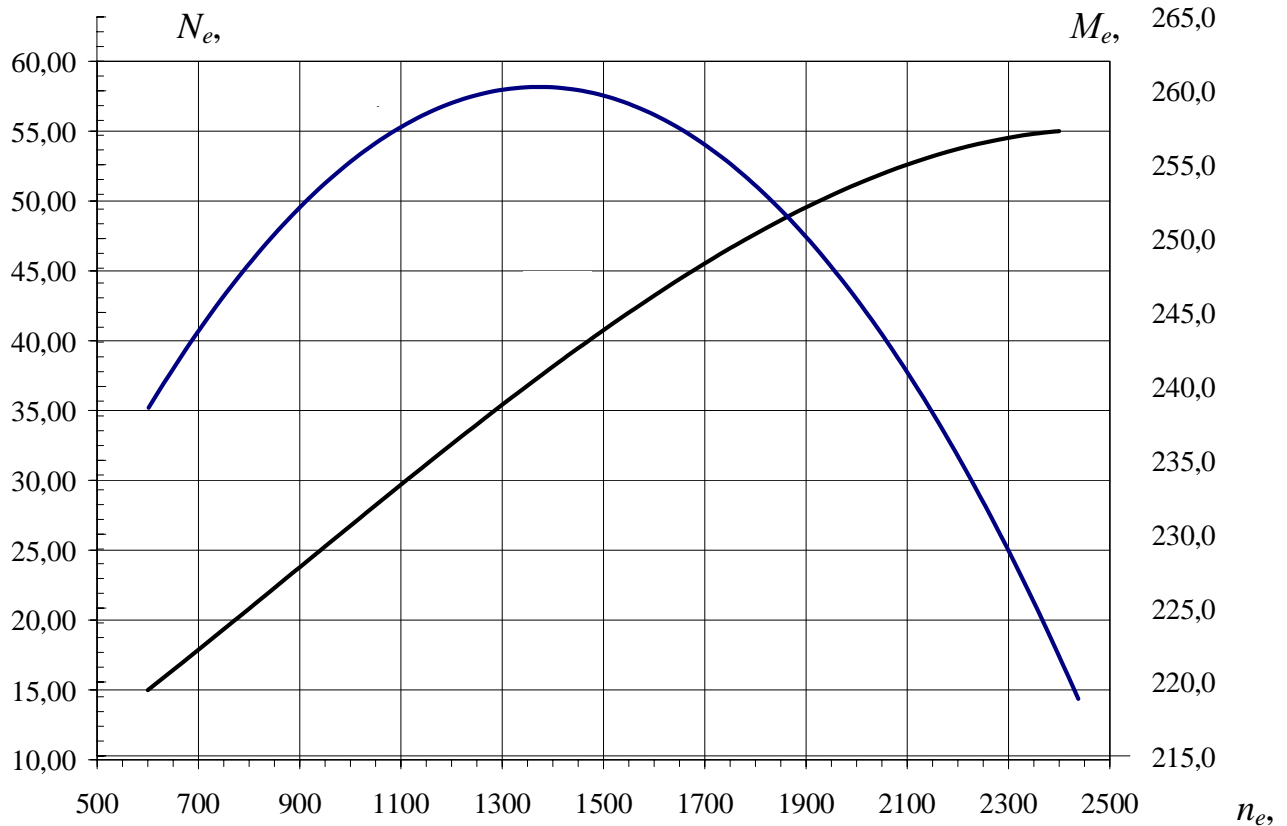


Рисунок 3.5 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

За зовнішньою швидкісною характеристикою будують криві динамічного фактора для усіх передач трансмісії АТЗ за формулою (3.4) (рис.3.6). Таку характеристику перетворюють на універсальну, для чого:

1) наносять на графік другу вісь абсцис, яка градуйована відповідно до коефіцієнта завантаження автомобіля  $K_\epsilon$ :

$$K_\epsilon = \frac{m_\epsilon}{m_o}, \quad (3.6)$$

де  $m_g$  - маса завантаженого автомобіля,  $m_g = m_o + m_1$ , де  $m_1$  - маса вантажу кг;

$m_o$  – споряджена маса автомобіля, кг; числові значення цього коефіцієнта змінюються від 1,0 до того значення  $K_{e\ max}$ , яке відповідає відношенню повної маси у до маси порожнього автомобіля;

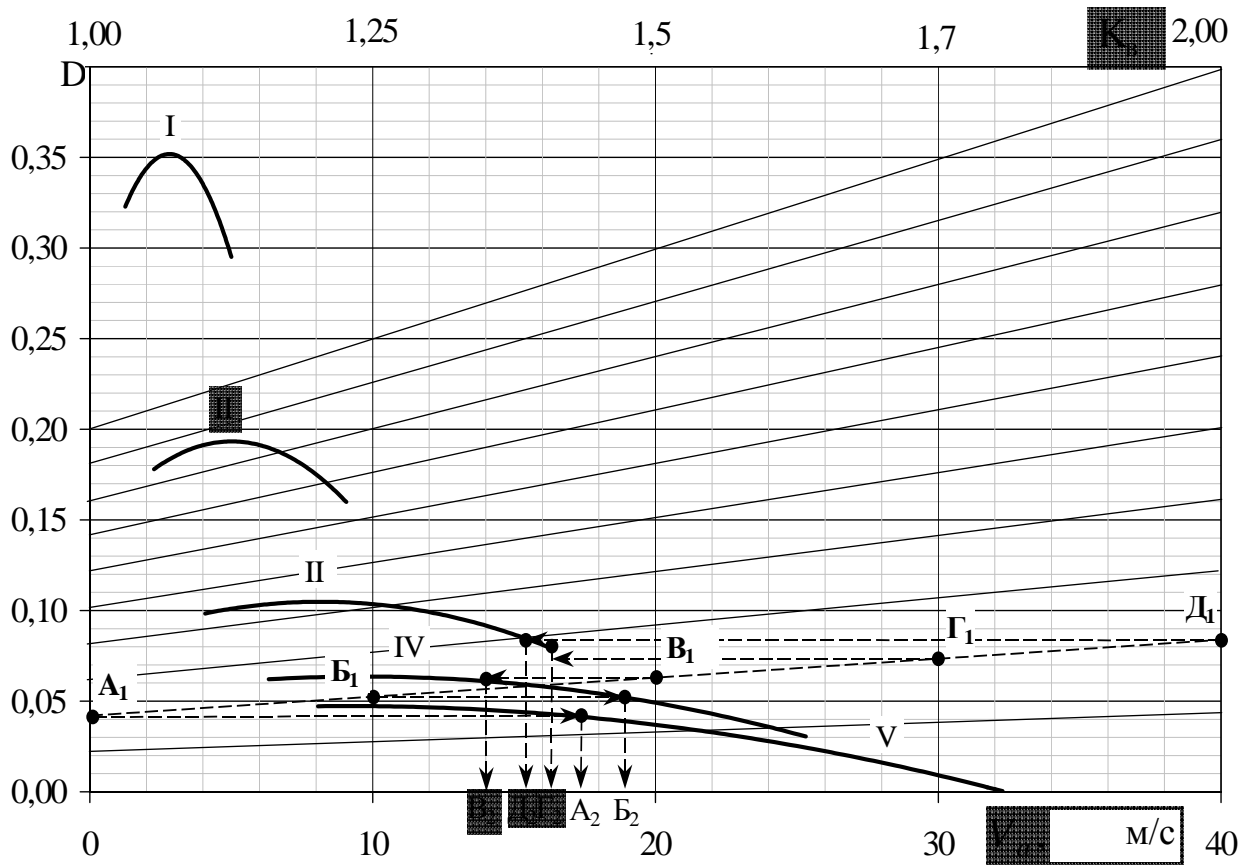


Рисунок 3.6 – Універсальна характеристика автомобіля: I-V - передачі

2) з певним інтервалом на осі ординат динамічного фактора проводять прямі так, щоб ординати точок їх перетину з вертикальною лінією, проведеною через абсцису  $V_{max}$  були у  $K_{e\ max}$  разів більшими, ніж для  $K_e = 1,0$ .

Для визначення максимальної швидкості, якої автомобіль може досягнути для заданих дорожніх умов, відкладають на осі ординат універсальної динамічної характеристики відрізок, який відповідає заданому числовому значенню приведенного коефіцієнта опору дороги  $\gamma$  (для прикладу



на рис. 3.6 –  $y = 0,04$ ). Через вершину цього відрізка проводять лінію (користуючись методом інтерполяції) додаткову нахилenu лінію (штрихова – на рис. 3.6.). Ця лінія перетинатиме вертикальні лінії, які відповідають значенням абсциси  $K_{e,i}$ ,  $1,0 \leq K_{e,i} \leq K_{e \max}$ . Через точки їх перетину ( $A_1, B_1, V_1, \Gamma_1$ ) проводять горизонталі, за якими визначають найвищу передачу і максимальну швидкість, яку автомобіль може розвинути при завантаженні  $K_{e,i}$  та дорожніх умовах, що характеризуються коефіцієнтом  $y$ . Приклад, наведений на рис. 3.6 показує, що для коефіцієнта  $y = 0,04$  повністю завантажений автомобіль ( $K_e = 2,0$ ) може рухатись лише на 3-й передачі і розвиватиме максимальну швидкість 15 м/с. Якщо навантаження зменшено, до відповідного значення коефіцієнта  $K_e = 1,75$ , то вибраною може та ж 3-а передача з максимальною швидкістю – 16,5 м/с. Аналогічні режими можна вибрати при  $K_e = 1,5$  і  $K_e = 1,25$  – маємо, відповідно, 4-у передачу і максимальну швидкість 14 м/с, 4-у передачу і максимальну швидкість 19 м/с. Порожній автомобіль в заданих умовах може рухатись на 5-й передачі, розвиваючи максимальну швидкість 17 м/с.

Потрібно зауважити, що при  $K_e = 1,5$  4-а передача - це граничний режим роботи, оскільки при цьому автомобіль не матиме запасу потужності на прискорення, або на подолання раптових перешкод.

Для того, щоб скористатися виразом (3.5), потрібно визначити фактичну вантажність автомобіля:

$$q_{\phi} = m_o (K_e - 1), \text{ кг.} \quad (3.7)$$

Обчисливши продуктивність за формулою (3.1), встановлюють її залежність від фактичної вантажності, враховуючи те, на якій швидкості автомобіль працюватиме (рис. 3.7). Вибирають значення вантажності яке забезпечує максимальну продуктивність. В даному прикладі це - максимальна вантажність - 3,6 т.

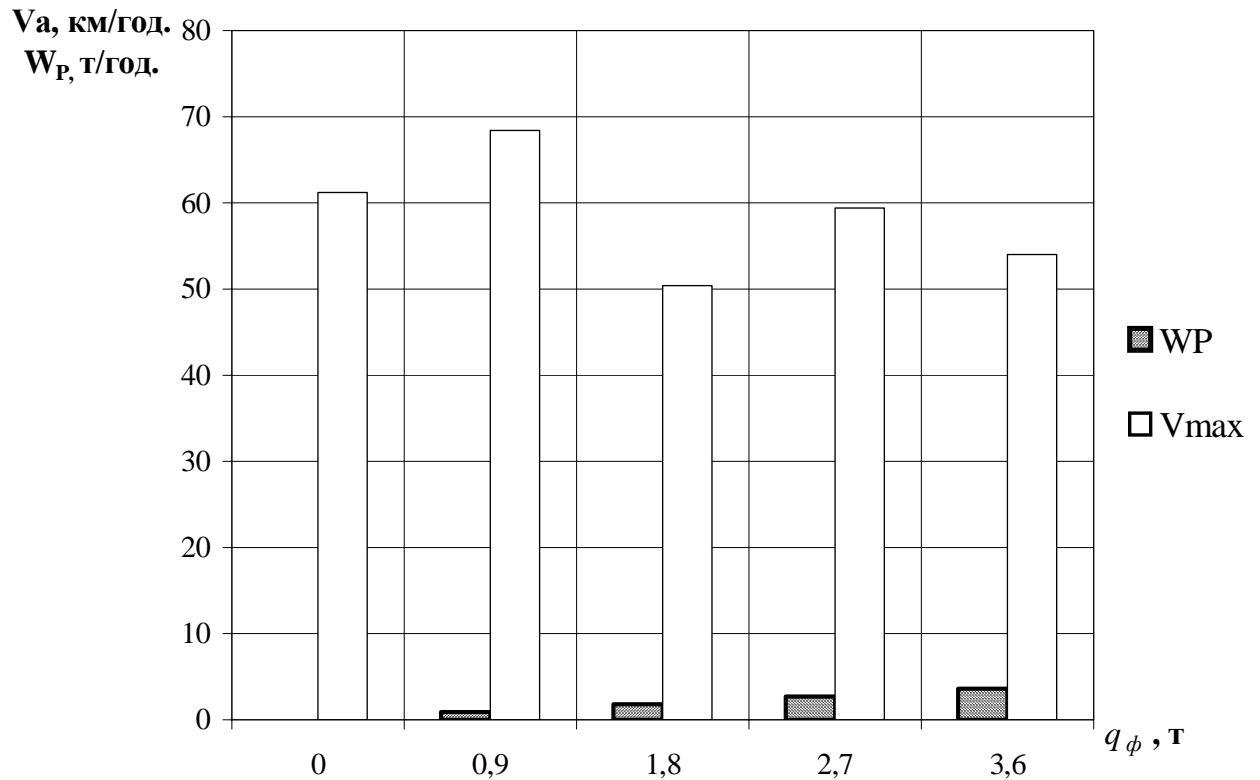


Рисунок 3.7 – Залежність продуктивності і максимальної швидкості автомобіля від фактичної вантажності

### 3.3 Обґрунтування вибору режимів роботи автомобіля за оцінковим показником паливної економності

При відомому значенні швидкості руху автомобіля  $V_a$ , м/с та швидкості витрати палива двигуном  $Q_t$ , кг/год., поточне значення шляхової витрати АТЗ визначають за формулою:

$$Q_S = \frac{Q_t}{36 \times V \times \gamma_{\Pi}}, \text{ л/100 км,} \quad (3.8)$$

де  $\gamma_{\Pi}$  - густина палива, (для дизпалива приймаємо  $\gamma_{\Pi} = 0,815-0,855$  кг/дм<sup>3</sup>).

Швидкість витрати палива двигуном для усіх можливих його режимів роботи, зокрема, при часткових навантаженнях, визначають з апроксимованого виразу:

$$Q_t = Q_{t100} (0,36 \times k_N)^2 + 0,44 \times k_N + 0,2), \text{ кг/год.} \quad (3.9)$$

де  $Q_{t100}(n_e)$  - швидкість витрати палива при повному навантаженні та поточному значенні частоти обертів колінчастого вала двигуна;

$k_N$  - ступінь використання потужності двигуном (відношення значення дійсної потужності ( $N_{ey}$ ) до максимальної ( $N_e$ ) при поточному значенні частоти обертів колінчастого вала двигуна.

Залежність  $Q_{t100}(n_e)$  є обов'язковим елементом зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, в разі її відсутності можна скористатись емпіричною виразом, який є чинним для дизелів з неподіленою камерою згорання:

$$Q_{t100} = g_N \left( 29,439 \times 10^{-5} \times n_e + 4,945 \times 10^{-8} \times (n_e)^2 - 4,894 \times 10^{-11} \times (n_e)^3 + \frac{\ddot{\circ}}{\ddot{\circ}} + 2,01 \times 10^{-14} \times (n_e)^4 - 2,996 \times 10^{-18} \times (n_e)^5 \right) \quad \text{кг/год.} \quad (3.10)$$

де  $g_N$  - питома витрата палива за максимальної потужності двигуна, г/(кВт год.)

Для того, щоб визначити  $k_N$  для формули (3.9), потрібно знати залежність дійсної потужності  $N_{ey}$  від швидкості автомобіля  $V_a$  для двох вищих передач і для трьох значень коефіцієнта завантаження  $K_\epsilon$ . Потужність  $N_{ey}$  визначають за формулою:

$$N_{ey} = \frac{m_g g y V_a + k_n F V_a^3}{h_{mp}}, \text{ Вт}, \quad (3.11)$$

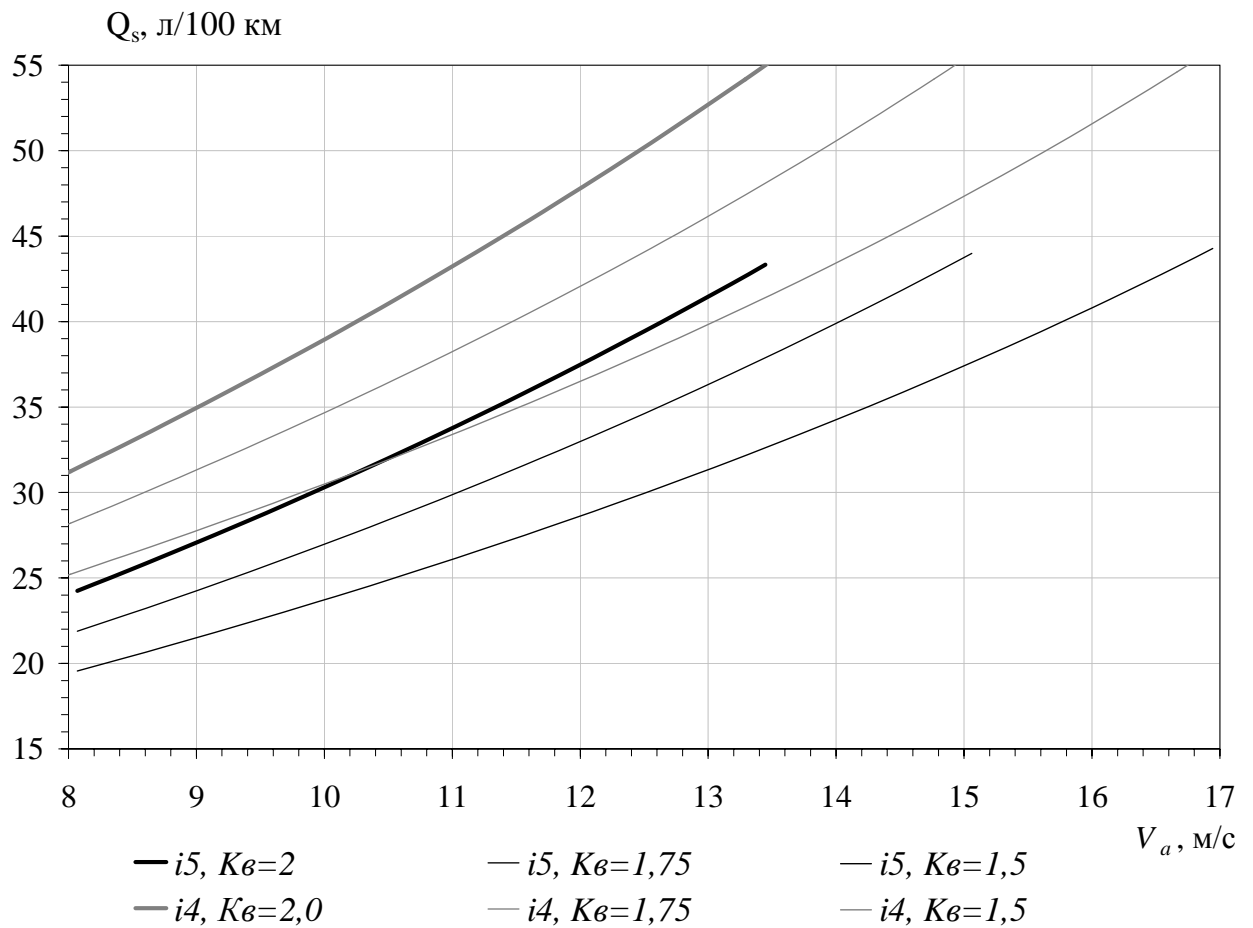
У формулу (3.11) підставляють числові значення швидкості автомобіля  $V_a$  на IV і V передачі, враховуючи їх допустимий діапазон при заданих  $m_g$  і  $y$ . У цій роботі потрібно отримати шість залежностей типу (3.9). Далі, від абсолютних значень потужності  $N_{ey}$  переходять до відносних -  $0 < k_N < 1,0$ . Використати дані про максимальну потужність двигуна АТЗ (табл. 3.1).

Таблиця. 3.1 – Питома витрата палива двигунами

Показник										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення питомої витрати палива, г/(кВт·год.)	220	260	310	245	230	270	255	210	190	240

Щоб визначити швидкість витрати палива, у формулу (3.2) підставляють отримані значення  $k_N$  і  $Q_{t100}$ , обчислене згідно з залежністю  $k_N(n_e, m_g, i_k)$ .

Залежності шляхової витрати палива від швидкості автомобіля  $V_a$ , його завантаженості  $m_g$  і передачі коробки зміни передач  $i_k$  подають на одному графіку так, як це показано на рис.3.6. В наведеному прикладі мінімальна питома витрата палива – 240 г/кВт·год. Шляхова витрата змінюється в межах від 15 до 55 л/100 км при  $y = 0,04$ , спорядженій масі автомобіля  $m_o = 4,5$ т, повній масі -  $m_a = 9$ т. Мінімальна шляхова витрата досягається при швидкості  $V_a \gg 8$  м/с (28,8 км/год.), увімкненій 5-й передачі. При цьому коефіцієнт завантаження -  $K_g = 1,5$ , що відповідає масі автомобіля  $m_g = 6,75$  т. Кількість вантажу, яка перевозиться - 2,25 т, що удвічі менше від повністю завантаженого автомобіля.



*Рисунок 3.8 – Залежність шляхової витрати палива від швидкості автомобіля для двох вищих передач  $i_5$  та  $i_4$  та різного коефіцієнта завантаження  $K_v$*

Порівнюючи результати вибору режимів роботи АТЗ, вибраних у попередній роботі, бачимо, що вони є різними.

## 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На проаналізованих маршрутах найбільші вантажні склади розташовані в пунктах: Львів та Луцьк. Залишилися пункти розвантаження складів. У зв'язку з проведеним дослідженням результати зібраних даних по досліджуваних маршрутах представлено в таблиці 2.1. Дані, наведені в таблиці 2.2, систематизовано в секційну систему. Маршрути руху поділено на відповідну кількість ділянок залежно від місць завантаження чи розвантаження. Кожен розділ містить дані про витрату палива, корисне навантаження та дані про час, пов'язані з завантаженням і розвантаженням, серед іншого. Інформація в таблиці 2.1 послужила мені джерелом для розрахунку експлуатаційних параметрів у таблиці 2.2. Вага вантажу, що перевозиться, і максимально допустима вантажність були використані для розрахунку коефіцієнта вантажопідйомності. Продуктивність транспортного засобу була визначена з кількості перевезених тонн, пройденої відстані та часу роботи. Споживання палива (табл.2.2) на окремих ділянках за певний місяць було проаналізовано та представлено на рисунку 3.8 Таким чином, нижче споживання палива спостерігалось на ділянці 6 порівняно з 1, 9 та 10, які мають аналогічну відстань для покриття. Далі було проведено детальний аналіз технічної швидкості, робочої швидкості, корисного навантаження та витрати палива. Результати представлені щомісяця (рис. 4.1 – 4.3). Ми навели дані та вказали ділянки з низькими показниками в окремі місяці. На ділянках 2, 4, 6, 7 та 9 у кожному з аналізованих місяців досягнуто низьких параметрів оперативної швидкості. Особливо низька технічна швидкість на ділянці 5 у березні.

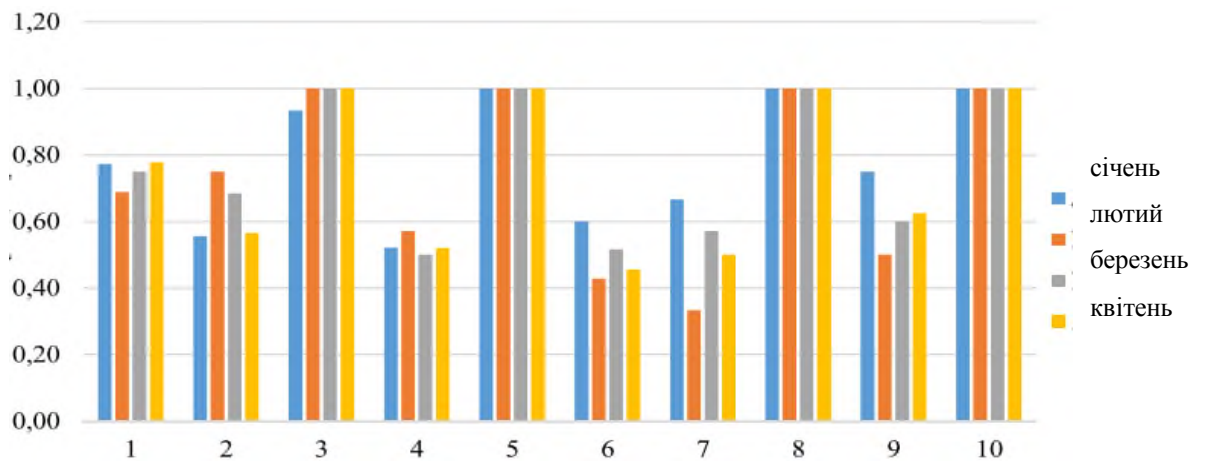


Рисунок 4.1 – Коефіцієнт використання часу за 2024 рік

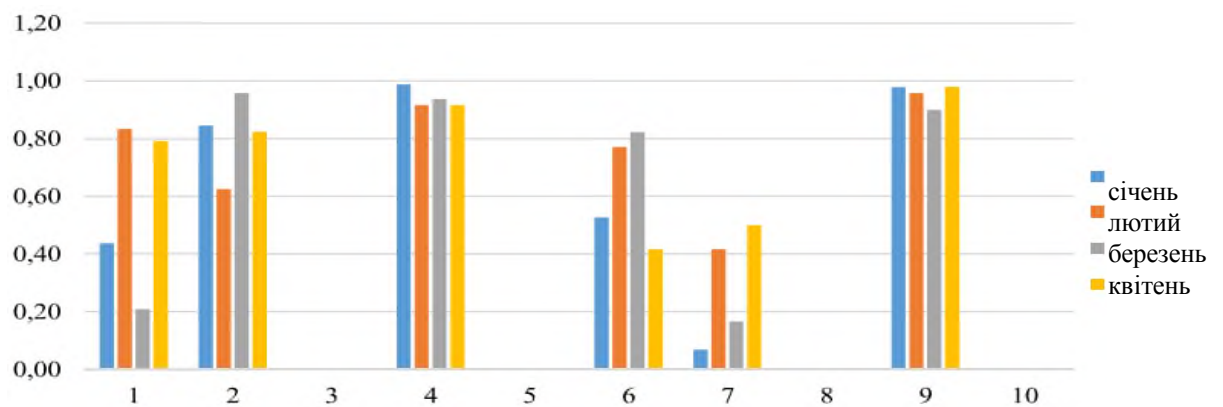


Рисунок 4.2 – Коефіцієнт використання місткості автомобіля за 2024 рік

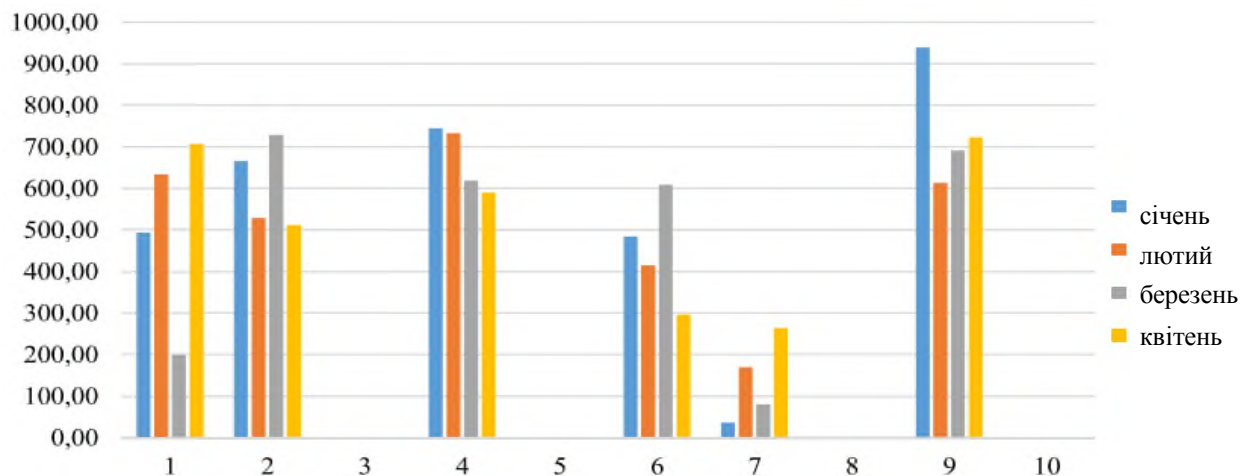


Рисунок 4.3 – Продуктивність АТЗ за 2024 рік

Коефіцієнт використання, показаний на рис. 4.2, показує, наскільки АТЗ використовувався для водіння відносно часу водіння та всіх супутніх зупинок і завантажень. Спостереження показують, що ділянка 7 має значні коливання коефіцієнта відносно різних місяців. У лютому використання робочого часу на ділянці 7 (рис. 4.2) є найнижчим порівняно з іншими місяцями зі значенням 0,33. Цей результат свідчить про те, що транспортний засіб не використовувався більшу частину часу, і, отже, не приносить прибутку.

На кожному з аналізованих маршрутів спостерігаються окремі ділянки, де автомобіль не перевозить вантаж (див. табл. 2.1). На рис. 4.1 – 4.3 на ділянках 3, 5, 8 і 10 показано значення 0. Причиною цього є проїзд без вантажу. Отже, автомобіль має вільний вантажний простір, який можна використовувати. Дані про виконані тонно-кілометри в одиниці часу визначають ефективність транспортного засобу в кожному аналізованому місяці. Значну амплітуду працездатності можна спостерігати в січні (рис. 4.3). Дослідження показують, що ділянка 7 характеризується низькою ефективністю. Наслідком низького використання автотранспорту є неефективна його робота.

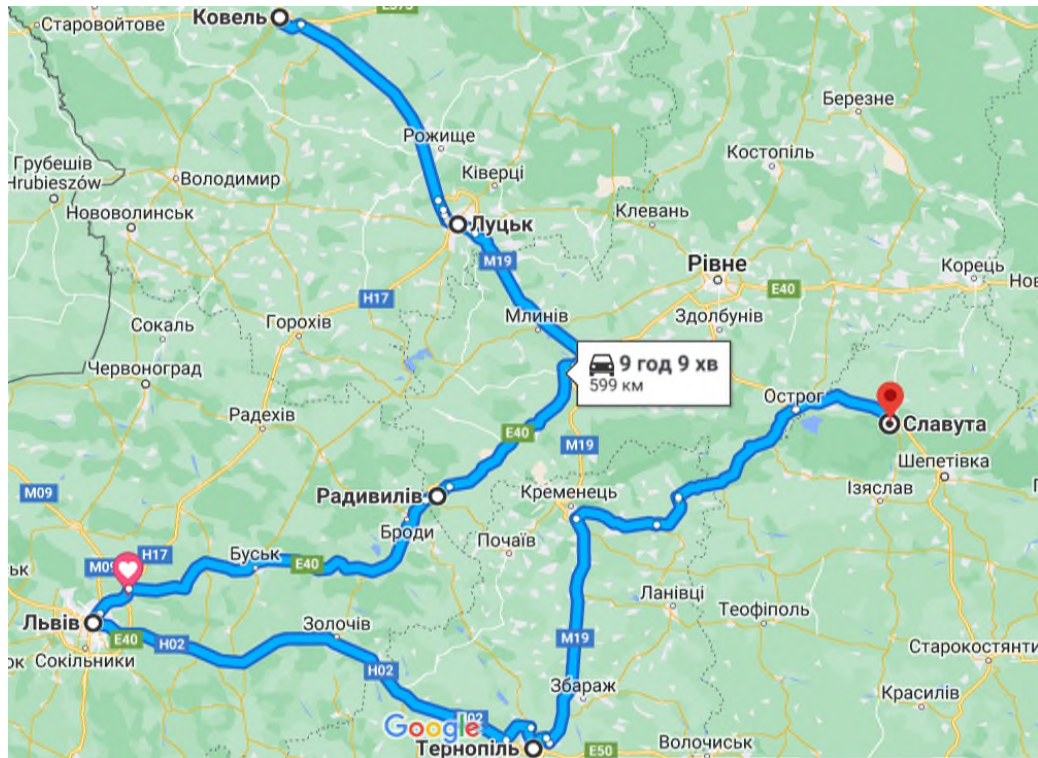
Я спостерігав за використанням альтернативних транспортних коридорів для аналізованих транспортних процесів. У зв'язку з цим я пропоную альтернативне рішення для реалізації маршруту подорожі 1 (рис. 4.4). Відстань між містом Львів та Радивилів по трасі Н16 становить 160 км. Зміна транспортного коридору Р16 на дорогу М19 від Радивилова до Ковеля і далі дорогою М19 – до Рівне. Рух через Броди, Млинів скоротить відстань до 138 км. Тому вибір такого транспортного коридору скорочує маршрут на 22 км. Витрата палива також є ключовим аспектом у цьому відношенні. Помітно зростає споживання пального між Ковельом та Тернополем, оскільки це рівнинна місцевість з двома смугами руху. При визначенні нового маршруту слід використовувати лінійну інфраструктуру, щоб вказати, чи підходить він для певного виду транспорту. У цьому випадку ключовими обмеженнями є пропускна спроможність доріг. Це мають бути дороги з навантаженням



транспортного засобу 10 тонн на вісь транспортного засобу. Крім того, віадуки повинні мати висоту 4,10 м.

Під час перевезення вантажу на ділянці 4 (рис. 4.4) Луцьк-Львів водій повинен їхати до Радивилова, а потім до Бузька аж до Львова. У Львові відбувається розвантаження. Авто без вантажу може повернутися альтернативним маршрутом. Можлива зміна маршруту ділянки 5 від Радивилова до Луцька, а потім до Львова і до Тернополя. Вищевказане рішення зменшить пройдену відстань, таким чином скоротивши її на 40 км, що призведе до зниження споживання палива. Після аналізу маршруту 3 (рис. 4.3) було виявлено, що можна скоротити ділянку 8, тобто Луцьк-Тернопіль, яка знаходиться дуже близько до ділянки 5. Призначення додаткового маршруту через Золочів зменшить відстань, яку потрібно подолати, що призводить до таких переваг, як менша витрата палива, нижчий коефіцієнт експлуатації автомобіля та підвищення ефективності робочого часу водія. Аналізуючи маршрут 4 (рис. 4.4), слід зазначити, що на ділянці 9 (див. табл. 2.2) кожного місяця коефіцієнт використання потужностей наближається до 100%, що не дозволяє проводити відбір вантажів. Нами помічено, що коефіцієнт використання потужностей для ділянки 10 завжди дорівнює 0 (табл. 2.1). Доступні додаткові рішення. Перше рішення полягає в плануванні нового зворотного маршруту, подібного до маршруту 1 через Золочів. Варто підкреслити, що це рішення значно скоротить відстань, яку необхідно проїхати, на 22 км. Недоліком є невикористаний потенціал транспортного засобу та втрата потенційних переваг від додаткового курсу. Іншим варіантом є пошук нового транспортного замовлення за початковим маршрутом. У Тернополі є промислова зона, а в Луцьку – ні. Особлива економічна зона, де розташовані логістичні центри та склади різних виробників. Такі зони підвищують привабливість локацій з точки зору кількості транспортних замовлень. На транспортних біржах в розділі Тернопіль - Луцьк є велика кількість пропозицій. Придбання додаткових транспортних замовлень може позитивно вплинути на виконану транспортну роботу та збільшити дохід

компанії. Відповідне навантаження також призводить до мінімізації пробігу порожнього автомобіля.



*Рисунок 4.1 – Карта нового запропонованого маршруту*

Враховуючи аналіз, я помітив, що ділянки 1, 9 та 10 потребують удосконалення, щоб зменшити споживання палива до рівня ділянки 6. Вищезазначені ділянки мають однакові відстані; однак споживання палива значно змінюється. У розділах 2, 4, 6, 7 і 9 слід розглянути заходи щодо підвищення швидкості роботи. Тому зупинки транспортних засобів слід планувати відповідно. Низький показник технічної швидкості на ділянці 5 у березні – одноразовий результат, який може свідчити про випадкові події на дорозі поза контролем водія. Крім того, причинами великих коливань у розділі 7 можуть бути час очікування на завантаження та розвантаження, неадекватне планування зупинок водія та непотрібні супутні дії, такі як невиправдані зупинки, які слід усунути. Я пропоную запровадити альтернативний транспортний коридор для маршруту 1, скоротивши відстань

на 22 км. Наступним запропонованим рішенням є трансформація ділянки 5, де автори показали скорочення відстані, яку необхідно подолати, на 40 км. У маршруті 3 слід розглянути можливість впровадження альтернативного маршруту на ділянці 8. Ще одна пропозиція – вибір експедиційних замовлень на ділянці 10, коли автомобіль повертається без вантажу. Завдяки впровадженню вдосконалень буде збільшено ступінь ефективності виконуваних процесів. Це дослідження виявило фізичні місця, які можуть мати руйнівний вплив на надану послугу. За допомогою представлених рішень автори висвітлили кількість введених модифікацій, які відбуваються на підприємствах, коли процеси не підлягають оцінці ефективності. Адекватна оцінка показників дозволила визначити чинники, які виступатимуть стимуляторами функціонування даного процесу.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Відшкодування збитку, заподіяного працівнику**

Згідно ст. 9 Закону України “Про охорону праці”, відшкодування збитку працівнику здійснюється у разі пошкодження його здоров'я або у разі смерті працівника.

Збиток, заподіяний працівнику каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, відшкодовується Фондацією соцстраху від нещасного випадку в повному розмірі заробітку відповідно до законодавства, а також може виплачуватися потерпілому (членам сім'ї і утриманцям померлого) додаткова допомога.

Розмір додаткової допомоги встановлюється колективним, або трудовим договором.

Суми відшкодування збитку, виплачувані потерпілому (або членам сім'ї і утриманцям померлого), не підлягають оподаткуванню.

Якщо нещасний випадок відбувся унаслідок невиконання потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці) розмір допомоги може бути зменшений в порядку, який визначається колективним або трудовим договором. Факт наявності вини потерпілого встановлюється комісією по дослідженню нещасного випадку.

Потерпілому за рахунок засобів Фондації соцстраху від нещасного випадку виплачуються витрати на лікування (у тому числі санаторно-курортне), протезування, придбання транспортних засобів, по догляду за ним і інші види медичної і соціальної допомоги відповідно до медичного висновку, який видається в установленому порядку.

Підставою для оплати потерпілому витрат на медичну допомогу, проведення медичної, професійної і соціальної реабілітації, а також виплат страховок є акт розслідування нещасного випадку або акт розслідування професійного захворювання (отруєння) по встановленій формі. За наявності

факту нанесення морального збитку потерпілому Фондацією соцстраху від нещасних випадків здійснюється виплата страховки за моральний збиток.

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігається місце роботи (посада) і середня заробітна платня на весь період до відновлення працездатності або визнання їх в установленому порядку інвалідами. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи керівник зобов'язаний забезпечити відповідно до медичних рекомендацій його перепідготовку і трудовлаштування, встановити пільгові умови і режим роботи.

Якщо власник не має нагоди працевлаштувати на своєму підприємстві осіб, які частково втратили працездатність, але не стали інвалідами, він зобов'язаний відрахувати цільовим призначенням до Державного фонду сприяння зайнятості населення засобу у розмірі середньорічної заробітної платні працівників за кожне нестворене робоче місце для таких осіб. Трудовлаштування таких осіб здійснюється державною службою зайнятості населення.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується в стаж роботи для нарахування пенсії по віку, а також в стаж роботи з шкідливими умовами, який дає право на призначення пенсії на пільгових умовах і в пільгових розмірах.

Під моральним збитком потерпілого розуміються страждання, заподіяні працівнику унаслідок фізичної або психічної дії, що призвели за собою погіршення або позбавлення можливостей реалізації ним своїх звичок і бажань, погіршення відносин з навколишніми людьми, інші негативні наслідки морального характеру.

Відшкодування морального збитку можливе без втрати працездатності. Порядок відшкодування морального збитку визначений законодавством.

## 5.2 Аналіз ризиків при перевезенні вантажів

За даними транспортної статистики, автотранспорт - найбільш аварійний вид транспорту, в 100 раз більш небезпечний, ніж авіаційний та залізничний, але він є найбільш зручним та доступним. Як показує практика, автотранспортні засоби спричиняють не тільки шкоду життю та здоров'ю громадян та збитків їхньому майну, але навіть шкоду навколишньому природному середовищу. Проте не тільки розмір таких збитків (шкоди) не можна завчасно передбачити та визначити особу, якій може бути завдано такий збиток, а також місце та час такої трагедії. Тому реальні гарантії щодо відшкодування збитків (шкоди), що, до речі, перевірено світовим досвідом розвинутих країн, визнана система обов'язкового страхування цивільної відповідальності власників автотранспортних засобів перед третіми особами, яким може бути завдана шкода (збиток).

Особливе значення цього виду страхування для функціонування Європейського Співтовариства підтверджує той факт, що з метою удосконалення цього виду страхування було видано три спеціалізовані директиви, а також інші директиви, що доповнюють як рішення Ради ЄС, так і рішення Комісії й інших нормативних актів Європейського Співтовариства.

Страховий захист власників автотранспорту вкрай необхідний, і це доведено часом та практикою його здійснення в Україні.

Розвиток міжнародного ділового співробітництва, зростання автомобільних вантажних перевезень і автомобільного туризму вимагає як комплексного рішення проблем страхового захисту інтересів власників авто, так і розуміння безпосередньо ними вимог міжнародного права та соціальності у відносинах страхування.

## ВИСНОВКИ

Враховуючи аналіз ефективності планування маршрутів, ми помітили, що ділянки 1, 9 та 10 існуючих маршрутів потребують удосконалення, щоб зменшити споживання палива до рівня ділянки 6. Вищезазначені ділянки мають однакові відстані; однак споживання палива значно змінюється.

У магістерській роботі слід розглянути заходи щодо підвищення швидкості роботи АТЗ. Тому зупинки транспортних засобів слід планувати відповідно.

Низький показник технічної швидкості на ділянці 5 у вересні – одноразовий результат, який може свідчити про випадкові події на дорозі поза контролем водія. Крім того, причинами великих коливань можуть бути час очікування на завантаження та розвантаження, неадекватне планування зупинок водія та непотрібні супутні дії, такі як невиправдані зупинки, які слід усунути.

Ми пропонуємо запровадити альтернативний транспортний коридор для маршруту 1, скоротивши відстань на 22 км. Наступним запропонованим рішенням є трансформація ділянки 5, де ми показали скорочення відстані, яку необхідно подолати, на 40 км. У маршруті 3 слід розглянути можливість впровадження альтернативного маршруту на ділянці 8.

Завдяки впровадженню вдосконалень буде збільшено ступінь ефективності виконуваних процесів. Це дослідження виявило фізичні місця, які можуть мати руйнівний вплив на надану послугу. За допомогою представлених рішень ми висвітлили кількість введених модифікацій, які відбуваються на підприємствах, коли процеси не підлягають оцінці ефективності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Системологія на транспорті: підручник: у 5 кн. / за заг. ред. Ф. М. Дмитриченка. Київ: Знання України, 2008. Кн. 5: Ергономіка. 256 с.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.
3. Горяинов А.Н. Транспортная диагностика. Книга 1. Научные основы транспортной диагностики (диагностический подход в системах транспорта): Монография. Харьков: НТМТ, 2014. 291с.
4. Nowacki G., C. Krysiuk, R. Kopczewski. Dangerous Goods Transport Problems in the European Union and Poland. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 2016. 10(1). P. 43-150.
5. Zubkow V.V., N. Sirina. Information and Intelligent Models in the Management of Transport and Logistics Systems. In: Mottaeva A. (eds). *Technological Advancements in Construction. Lecture Notes in Civil Engineering Springer, Cham.* 2022. 180: 433-445.
6. Fu Jiali, Erik Jenelius. Transport efficiency of off-peak urban goods deliveries: a Stockholm pilot study. *Cases Studies on Transport Policy* 2018. 6(1). P. 156-166. ISSN: 2213624X. eISSN: 2213-6258.
7. Rybicka I., Drożdziel P., Stopka O., Łupták V. Methodology to propose a regional transport organization within specific integrated transport system: A case study. *Transport Problems* 2018. 13(4). P. 115-125.
8. Jaime B., Grzybowska H., Pardo S. Vehicle routing and scheduling models, simulation and city logistics. *Dynamic Fleet Management. Operations Research/Computer Science Interfaces.* Springer, Boston, MA. 2007. 38. P. 163-195.
9. Cybulska D., Stolarski J. Organizowanie i monitorowanie procesów transportowych. Warsaw: WSiP. ISBN: 2015. 978-83-02-14978-8.



10. Neumann T. The importance of telematics in the transport system. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 2018. 12(3): P. 617-623.
11. Osińska M., Zalewski W. Econometric analysis of revenues and costs in a transport company against the background of the economic situation in the industry. *Logistyka* 2012. 6. P. 900-914.
12. Behrens K., Pierre M. Picard. Transportation, freight rates, and economic geography". *Journal of International Economics*. 2011. 85(2): P. 280-291.
13. Bokor Z., Markovits-Somogyi R. Improved cost management at small and medium sized road transport companies: case Hungary. *Promet - Traffic & Transportation*, 2015. 27(5). P. 417-428.
14. Pečený L., Meško P., Kampf R., Gašparík J. Optimisation in Transport and Logistic Processes. *Transportation Research Procedia* 2020. 44. P. 15-22.
15. Lysenko-Ryba K., Zimon D. Customer Behavioral Reactions to Negative Experiences during the Product Return. *Sustainability* 2023. 13(2). P. 1-14.
16. Jachimowski R., Zak J. Vehicle routing problem with heterogeneous customer demand and external transportation costs. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 2013.1(1). P. 46-50.
17. Petruccelli U. Assesment of external costs for transport project evaluation: Guidelines in some European countries. *Environmental Impact Assessment Review*, 2015. 54. P. 61-71.
18. Pandelis Dimitrios G., Karamatsoukis Constantinos C., Kyriakidis Epaminondas G. Finite and infinite-horizon single vehicle routing problems with a predefined customer sequence and pickup and delivery. *European Journal of Operational Research* 2013. 231(3): P. 577-586.
19. Tagmouti M., Gendreau M., Jean-Yves Potvin. A dynamic capacitated arc routing problem with time-dependent service costs. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2011. 19(1). P. 20-28.

20. Simanová ., Stasiak-Betlejewska R. Monitoring and Improvement of Logistic Processes in Enterprises of the Slovak Republic. LOGI - Scientific Journal on Transport and Logistics 2019.10(1). P. 62-71.
21. Kłodawski M., Jacyna M., Vasek R., et al. Route Planning with Dynamic Information from the EPLOS System, Technical Journal 2020. 14(3). P. 332-337. ISSN: 1846-6168 (Print). ISSN: 1848-5588 (Online).
22. Crainic T. G., Gendreau M., Potvin Jean-Yves. Intelligent freighttransportation systems: Assessment and the contribution of operations research. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 2009. 17(6). P. 541-557.
23. Кульбашная Н. І. Формування інформаційних характеристик середовища руху на ділянках доріг. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2013. Вип. 61-62. С. 243–247.
24. Кульбашная Н. І., Линник І. Е. Застосування інформаційних характеристик у моделях сприйняття водієм дорожньої обстановки Східноєвропейський журнал передових технологій. 2015. Т. 3, № 3 (75). С. 27–32.
25. Прокудін Г.С., Шарай С.М., Оліскевич М.С., Рой М.В. Моделювання взаємодії автомобільних транспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів. Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ, 2019. №2 (10). С. 95-101.
26. Калініченко О.П., Павленко О.В., Нефьодов В.М. Оптимізація рішення задач оперативного планування вантажних перевезень на автомобільному транспорті. Комунальне господарство міст. Збірник наукових праць. Харків. 2018. Випуск 142. С. 108-113.
27. Подоляк О.С., Крамаренко Ю.М. Оптимізація оперативного планування міжміських автомобільних вантажних перевезень. Машинобудування. Збірник наукових праць. Харків. УІПА, 2018. №21. С. 169-173.
28. Dai X., Masaaki N. Platooning control of drones with real-time deep learning object detection. Advanced Robotics. 2023. 37.3. P. 220-225.

29. Wang J., Yash V. P., Zhihao J. Learning-Based Modeling of Human-Autonomous Vehicle Interaction for Enhancing Safety in Mixed-Vehicle Platooning Control. arXiv preprint arXiv: 2303.09452 (2023).
30. Нагорний Є.В., Дорохов О.В. Маршрутизація партійних перевезень та її комп'ютерна реалізація Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. Вып.10. Харьков, 2002. С.21-23.
31. Шептура А.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харьков: ХНАДУ, 2004. 158 с.
32. Нефедов Н.А. Относительная эффективность развозочных маршрутов Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. Вып.10. Харьков, 2002. С.82-84. .